



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELO  
CONTAMINADO POR PETRÓLEO DE LA EMPRESA ARCOIL  
CIA. LTDA. UBICADA EN EL CANTÓN SAN SEBASTIÁN DEL  
COCA PROVINCIA DE ORELLANA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: MILTON ABDÓN OBIEDO JIMÉNEZ**

**TUTOR: MAYRA ZAMBRANO**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2017**

**©2017, Milton Abdón Obiedo Jiménez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de investigación **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR PETRÓLEO DE LA EMPRESA ARCOIL CIA. LTDA. UBICADO EN EL CANTÓN SAN SEBASTIÁN DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA”**, de responsabilidad del señor Milton Abdón Obiedo Jiménez, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de titulación, quedando autorizado su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Mayra Zambrano

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. Mabel Parada

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Milton Abdón Obiedo Jiménez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 15 de diciembre 2017.

---

Milton Abdón Obiedo Jiménez

C.I.: 210070346-7

“Yo MILTON ABDÓN OBIEDO JIMÉNEZ, soy representante de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Milton Abdón Obiedo Jiménez

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Efigenia Jiménez, a mi padre Medardo Obiedo quienes no dudaron en ningún momento de mi inteligencia y capacidad, a mis hijos Danna Andreina y David Noé quienes con sus sonrisas han llenado de felicidad mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de este proyecto.*

**Milton Obiedo**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, a Dios por siempre guiarme y protegerme en todas las áreas de mi vida.*

*En segundo lugar, a todos los que son parte de mi familia, mis padres, mis hermanas Ruth, Paola, Carmen, Patricia, Luz, y a mi hermano José, a mis cuñados(a) Ángel Acosta, Marcelo Chango, Cesar Ocaña y Lourdes Capuz por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida, a todos mis sobrinos(a) que son la alegría de la familia, a mi amor Andrea Castillo que cambio mi vida, a mi primo Andrés Jiménez quien compartió momentos emotivos en mi vida universitaria.*

*Y en tercer lugar a todos mis amigos a quienes quiero y admiro mucho Adrián Valencia, Alberto Alberca, Gonzalo Camacho, Miguel Salazar, Víctor Vera, Javier Porras y David. Gracia y les agradezco por todas las experiencias compartidas.*

***El Autor.***

## TABLA DE CONTENIDO

	Pp.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INDICE DE GRAFICOS.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xviii
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY .....	xviii

## CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.2.1	Justificación Técnica.....	2
1.2.2	<i>Justificación Social.</i> .....	2
1.3	LÍNEA BASE DEL PROYECTO.....	2
1.3.1	<i>Antecedentes de la empresa.</i> .....	2
1.3.2	<i>Marco conceptual.</i> .....	3
1.4	BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	22
1.4.1	<i>Beneficiarios directos.</i> .....	22
1.4.2	<i>Beneficiarios indirectos.</i> .....	22



## CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS.....	42
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23

## CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO .....	24
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	24
3.1.1 Ubicación y extensión.....	24
3.1.2 Tamaño de la población.....	26
3.1.3 Climatología.....	26
3.2 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	26
3.2.1 Tipo de Estudio.....	26
3.2.2 Toma de Muestras.....	26
3.2.3 Métodos y Técnicas.....	27
3.2.4 Análisis de resultados.....	37
3.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN .....	43
3.3.1 Materia prima, insumos y reactivos.....	43
3.3.2 Diagrama actual de la empresa.....	44
3.3.3 Diagrama del proceso propuesto.....	45
3.3.4 Descripción del Proceso.....	46
3.4 CÁLCULOS Y RESULTADOS DE INGENIERÍA.....	47
3.4.1 Piscina de Tratamiento .....	47
3.4.2 Lechos de secado.....	51
3.4.3 Tanques de almacenamiento .....	53
3.5 ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO .....	53
3.5.1 Costos de implementación del pre-tratamiento.....	53
3.5.2 Cálculo de costos de productos químicos .....	54
3.6 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	59
3.6.1 CRONOGRAMA.....	60
3.7 ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	61
3.7.1 Eficiencia de depuración del tratamiento propuesto.....	63

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>cm</b>	Centímetros.
<b>CMC</b>	Concentración Micelar Crítica.
<b>COV'S</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles.
<b>DNALPs</b>	Dense Nonaqueous Phase Liquid.
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<b>g</b>	Gramos.
<b>h</b>	Horas.
<b>HOCs</b>	Contaminantes Orgánicos Hidrofóbicos.
<b>IARC</b>	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
<b>Kg</b>	Kilogramos.
<b>L</b>	Litros.
<b>LNAPLs</b>	Light Nonaqueous Phase Liquid.
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos.
<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente – Ecuador.
<b>MC</b>	Muestra de suelo contaminada con TPH.
<b>mg</b>	Miligramos
<b>ml</b>	Mililitros.
<b>mm</b>	Milímetros.
<b>MRE</b>	Muestra de suelo remediada por método de extracción con disolventes.
<b>MRL</b>	Muestra de suelo remediada por método de lavado de suelo.
<b>m.s.n.m</b>	Metros sobre el nivel del mar.
<b>PAH</b>	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.
<b>PCBs</b>	Policlorobifenilos o Bifenilos Policlorados (Polychlorinated biphenyls)
<b>RAOHE</b>	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto.
<b>TPH</b>	Hidrocarburos Totales de Petróleo.
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Horizontes del suelo. ....	4
Figura 1-2: Clasificación textural del suelo. ....	5
Figura 1-3: Procedimiento de extracción con solventes.....	15
Figura 1-4: Procedimiento de lavado Ex situ del suelo contaminado. ....	16
Figura 1-5: Procedimiento de lavado In situ del suelo contaminado. ....	17
Figura 1-6: Molécula de surfactante. ....	18
Figura 1-7: Estructura de una micela de surfactante en agua.....	19
Figura 3-1: Localización geográfica de la Parroquia San Sebastián del Coca. ....	25
Figura 3-2: Parroquia San Sebastián del Coca. ....	25
Figura 3-3: Vista superior de la piscina de tratamiento propuesta. ....	50
Figura 3-4: Vista lateral de la piscina de tratamiento propuesta. ....	50
Figura 3-5: Vista frontal de la piscina de tratamiento propuesta. ....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 3-1: Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arenoso aplicando pre-tratamientos propuestos.....	39
Grafico 3-2: Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arcilloso aplicando pre-tratamientos propuestos.....	40
Gráfico 3-3: Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arcilloso aplicando tratamiento por oxidación química.....	42

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1: Suelo amazónico. ....	7
Fotografía 3-1: Velocidad de agitación del equipo de mezclado. ....	32
Fotografía 3-2: Surfactante TWEEN 80. ....	32
Fotografía 3-3: Equipo de mezclado. ....	33
Fotografía 3-4: Tratamiento con TWEEN 80 – Suelo arenoso contaminado. ....	34
Fotografía 3-5: Tratamiento con TWEEN 80 – Suelo arcilloso contaminado. ....	34
Fotografía 3-6: Galón de gasolina blanca. ....	35
Fotografía 3-7: Tratamiento solvente orgánico – Suelo arenoso contaminado. ....	36
Fotografía 3-8: Tratamiento solvente orgánico – Suelo arcilloso contaminado. ....	36

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1 Densidad aparente .....	29
Ecuación 3-2 Densidad real .....	29
Ecuación 3-3 Determinación de la porosidad .....	30
Ecuación 3-4 Volumen de un rectángulo .....	47
Ecuación 3-5 Profundidad media .....	48
Ecuación 3-6 Volumen de lodos .....	51
Ecuación 3-7 Área del lecho de secado.....	52
Ecuación 3-8 Área individual de los lechos de secado .....	52
Ecuación 3-9 Logintud del lecho de secado.....	53
Ecuación 3-10 Eficiencia de depuración.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación de los suelos.....	4
Tabla 1-2: Órdenes del suelo según USDA. ....	6
Tabla 1-3: Ventajas y desventajas de la remediación Ex situ e In situ. ....	13
Tabla 1-4: Clasificación de los Tratamientos Biológicos. ....	13
Tabla 1-5: Clasificación de los Tratamientos Físico-químicos. ....	13
Tabla 1-6: Clasificación de los Tratamientos Térmicos.....	14
Tabla 1-7: Ventajas y desventajas de los tratamientos.....	14
Tabla 1-8: Ventajas y desventajas de los surfactantes. ....	18
Tabla 1-9: Características del surfactante Tween 80. ....	20
Tabla 1-10: Características del hipoclorito de calcio. ....	21
Tabla 3-1: Materiales y equipos utilizados en el muestreo del suelo.....	27
Tabla 3-2: Métodos analíticos para suelos.....	28
Tabla 3-3: Determinación de la densidad de la muestra de suelo. ....	29
Tabla 3-4: Determinación de la porosidad de la muestra de suelo.....	30
Tabla 3-5: Determinación de la acidez (pH) de la muestra de suelo.....	30
Tabla 3-6: Materiales y equipos utilizados en el tratamiento de las muestras. ....	31
Tabla 3-7: Caracterización física de las muestras de suelo.....	37
Tabla 3-8: Caracterización química de las muestras de suelo.....	38
TABLA 3-9: Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arenoso luego de aplicar pre –tratamientos propuestos.....	38
Tabla -10: Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arcilloso luego de aplicar pre –tratamientos propuestos.....	39
Tabla 3-11: Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arcilloso luego de aplicar el tratamiento por oxidación química.....	41
Tabla 3-12: Componentes utilizados en el proceso tratamiento suelo contaminado.....	43
Tabla 3-13: Costos aproximados para implementación pre-tratamiento propuesto.....	53
Tabla 3-14: Resumen de costos operativos de productos químicos para ambos suelos.....	58



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Límites permisibles de parámetros exigidos en la tabla #6 del RAOHE

ANEXO B: Ejemplo informe de tratamiento empresa ARCOIL CÍA. LTDA.

ANEXO C: Memoria fotográfica de tratamiento empresa ARCOIL CÍA. LTDA.

ANEXO D: Hoja de datos de seguridad de la gasolina blanca.

ANEXO E: Hoja de datos de seguridad del tween 80.

ANEXO F: Hoja de datos de seguridad del hipoclorito de calcio.

ANEXO G: Proceso del tratamiento de la muestra de suelo.

ANEXO H: Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de suelo.

ANEXO I: Vista planta de la propuesta de pre - tratamiento.

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo de investigación se enfoca en el rediseño del sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo de la empresa ARCOIL CIA. LTDA., ubicada en el cantón San Sebastián del Coca Provincia de Orellana. para esto se tomó muestras compuestas de 250 g de suelo del tipo arenoso y arcilloso contaminado con petróleo para caracterización ambiental, y de 5 Kg de muestras puntuales de los mismos para pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio en la caracterización de las muestras, realizada por el Laboratorio Ambiental CESSTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se demostró que los suelos presentaban valores de TPH fuera del límite permisible por la normativa ambiental Reglamento Ambiental de Actividades Hidrocarburíferas (RAOHE) siendo 6185,83 mg/Kg de TPH en el suelo arenoso, y 38584,58 mg/Kg en el suelo arcilloso, para las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio, se propuso dos pre-tratamientos, uno usando el método de lavado de suelo con Surfactante TWEEN 80, y el otro con el método de extracción con solventes, con gasolina blanca como solvente. Una vez realizado todos los cálculos en el laboratorio se obtuvo que tratamiento por oxidación química conserva sus procedimientos impuestos por la empresa, modificando sólo el agente oxidante. Este método propuesto resulta ser más eficaz ya que el tiempo de tratamiento se reduce de 12 semanas a 3-4 semanas aproximadamente, dependiendo del grado de contaminación del suelo a tratar por eso es recomendado que para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento se impermeabilice con geomembranas el terreno en donde se desea construir las unidades de tratamiento, con la finalidad de evitar contaminaciones subterráneas futuras.

**PALABRAS CLAVE:** < INGENIERIA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE SUELOS>, <MUESTREO DE MATERIAS PRIMAS>, <SUELO CONTAMINADO>, < HIDROCARBUROS>, <SUELO ARENOSO>, <SUELO ARCILLOSO>, <PRUEBAS DE TRATABILIDAD>, <GEOMENBRANAS>

## SUMMARY

This research objective aims to redesign the treatment system of the contaminated soil by petroleum, from ARCOIL CIA. TDA. Enterprise located in San Sebastián del Coca Cantón, Orellana Province . Samples composed of 250 g of sand and clay soil contaminated with petroleum were taken of environmental characterization and 5 kg of accurate of the same soils for treatability test in the laboratory. In the characterization of the samples carried out by the Technical Center for Environmental Technology Transfer (CESTTA) at Escuela Superior Politecnica de Chimborazo it was shown that these soils have values of total petroleum hydrocarbons (TPH) out of the limit ruled by the Environmental Regulation for Hydrocarbons Operations in Ecuador ( RAOHE) such as 6185.83 mg/kg of TPH in the sail soil, and 38584.58 mg/Kg in the clay soil. For the treatability tests in the laboratory, two pre-treatments were proposed, the former is the method of soil washing with surfactant TWEEN 80, and the latter is the extraction method with solvents as the white petrol. It is concluded that after making calculation in the laboratory, the treatment by chemical oxidation conserves its procedures imposed by the enterprise modifying only the oxidant agent. This method is the most efficient because the treatment time is reduced from 12 weeks top 3-4 weeks approximately according to the level of soil contamination. It is recommended to waterproof with geo membranes the land where the treatment units are going to be built in order to avoid future subterranean contaminations.

Key words: < CHEMISTRY AND TECHNOLOGY ENGINEERING >, <SOIL TREATMENT SYSTEM >, <SAMPLING OF RAW MATERIAL >, <CONTAAMINATED SOIL >, < HYDROCARBONS >, <SAND SOIL >, <CLAY SOIL <TREATABILITY TESTS >, <GEOMEMBRANES>

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identification del problema**

Durante el proceso de explotación del recurso no renovable (hidrocarburo) en las diferentes áreas del Ecuador, existen derrames provocados por falla mecánica en instalaciones de extracción, durante el transporte, por un pitting en tubería entre otros, los cuales provocan la contaminación del suelo y agua generando daños que afectan a la flora y fauna de la zona.

Los principales efectos de contaminación que los hidrocarburos causan en el suelo son los siguientes: retardan el crecimiento de la vegetación, alteran la población microbiana, contaminan las aguas superficiales a través de la escorrentía, contaminan aguas subterráneas por lixiviación, por ultimo podemos mencionar el envenenamiento en la cadena alimentaria. Estos efectos aumentan severamente si no se toma medidas de tratamiento.

Los suelos contaminados por derrames de petróleo, superan los 5000 mg/Kg de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) dejándolos fuera del límite máximo permisible en referencia al reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas (RAOHE) Anexo II, Tabla 6: Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicio.

Una de las empresas que se dedica a la remediación ambiental es ARCOIL CIA. LTDA la cual solventa atención a derrames provocados en las zonas productoras de petróleo. Antes de la caída del precio de este recurso no renovable las cantidades de suelo contaminado que ingresaban al tratamiento Ex-Situ eran enormes, en el actual momento hay disminución notable de suelo contaminado que ingresa para ser remediado, esto se debe a que las Compañías, Corporaciones y todas las Entidades que se dedican a la explotación petrolera ya no cuentan con el recurso económico suficiente para poder realizar la remediación ambiental en la zona perjudicada, generando así los denominados pasivos ambientales.

Los tratamientos de suelo contaminado económicamente son muy elevados debido a que se utiliza grandes cantidades de productos químicos oxidantes para provocar la ruptura de las cadenas de

hidrocarburo, por este motivo se debe realizar la recuperación del crudo que se encuentra en el suelo antes de realizar la oxidación química lo cual ARCOIL CIA. LTDA no lo realiza aumentando así el consumo de oxidantes y el costo de tratamiento, es por esta razón que se realizará el rediseño del sistema de tratamiento para optimizar las cantidades de productos químicos y así disminuir costos en la remediación del suelo.

## **1.2 Justificación del proyecto**

### ***1.2.1 Justificación Técnica.***

Debido a que ARCOIL CIA. LTDA no realiza un pre-tratamiento en el suelo contaminado antes del proceso de oxidación química, es necesario proponer el rediseño del sistema de tratamiento, ya que esto reducirá los costos de remediación en el tratamiento Ex-Situ, generando ventajas tales como: optimización de reactivos químicos, tiempos de proceso de tratamiento, mano de obra y reducción en las emisiones de gases tóxicos, ayudando a la empresa a obtener una alta factibilidad de ejecución a bajo costo; y además permitirá cumplir el reglamento ambiental aportando a la reducción de impactos ambientales y enfermedades que se derivan del petróleo.

### ***1.2.2 Justificación Social.***

El petróleo por su naturaleza toxica, inflamable y cancerígeno tiene un alto índice de riesgo hacia los humanos como también a la flora y fauna. El rediseño que se propone en este proyecto técnico tendrá repercusión directa en los costos de remediación, con lo cual se espera que las Entidades que se dedican a la explotación petrolera, las mismas que son las principales fuentes de contaminación de suelo, aire y agua en el oriente ecuatoriano, ya no sigan provocando pasivos ambientales y que remedien los que ya han generado.

## **1.3 LÍNEA BASE DEL PROYECTO**

### ***1.3.1 Antecedentes de la empresa.***

ARCOIL Cía. Ltda., es una empresa inscrita en el Ministerio del Ambiente – Ecuador (MAE) como Gestor Ambiental para el Manejo de Materiales Peligrosos (Sustancias Químicas Peligrosas y/Desechos Peligrosos). Su actividad principal es el tratamiento de suelos contaminados con

hidrocarburos aplicando el método de tratamiento físico-químico ex situ de oxidación/reducción, para el cual lo realiza siguiendo este procedimiento:

1. El suelo contaminado con alta concentración de hidrocarburos es retirado y transportado con maquinaria pesada hacia las instalaciones del SSEL-ARCOIL, para ser tratado hasta cumplir con los límites permisibles de los parámetros exigidos en la Tabla #6 del RAOHE.
2. Se prepara la plataforma impermeabilizada para la recepción del suelo contaminado.
3. Se desaloja el suelo contaminado en la plataforma con ayuda de maquinaria pesada, personal con herramientas manuales y volquetas.
4. Se aplica una sustancia desengrasante y oxidante (concentración 1:20), la misma que ayuda a separar el petróleo del suelo contaminado, provocando la ruptura de cadenas de hidrocarburo y reduciendo la contaminación presente en el suelo. Cabe recalcar que los productos utilizados en la remediación son biodegradables, su aplicación es puntual, controlada y en bajas concentraciones, evitando sobresaturar el suelo en tratamiento.
5. Luego se procede a la homogenización continua para incrementar la eficiencia de los productos; esta actividad evita que la contaminación se mantenga puntual.
6. La excavadora realiza un barrido por toda el área afectada hasta concluir la remoción de todo el suelo contaminado.

### **1.3.2 MARCO CONCEPTUAL.**

#### **1.3.2.1 El Suelo.**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el suelo es un cuerpo natural conformado por capas u horizontes de suelo que permiten el crecimiento de plantas, esto es gracias a la presencia de compuestos materiales, minerales, materia orgánica, agua y aire. (FAO, 2017)

Su formación se ha dado gracias a la influencia de factores como el tiempo, el clima, la topografía, la biota (flora, fauna y ser humano), materiales parentales (rocas y minerales), entre otros, dando como resultado un suelo que difiere en textura, estructura consistencia, color, propiedades físicas, químicas y biológicas. (FAO, 2017)



**FIGURA 1-1:** Horizontes del suelo.

**FUENTE:** (ORTEGA, 2012)

Químicamente el suelo es una mezcla del 95% de rocas y minerales erosionados, 5% de materia orgánica (humus y detritos) y microorganismos; agua y aire, aunque su composición puede variar considerablemente dependiendo de las condiciones al que el suelo está expuesto. (MACKENZIE, 2005)

### ***Clasificación del Suelo.***

Los suelos pueden ser clasificados en dos tipos: zonales y azonales.

**TABLA 1-1: Clasificación de los suelos.**

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	
<b>SUELOS ZONALES</b>  <i>Tienen gran dependencia del clima.</i>	<b>PODZOLES:</b> ( <i>del ruso: ceniza</i> ) son suelos de color gris negruzco propios de climas fríos. Presentan una descomposición lenta de materia orgánica con lixiviados fuertes en el horizonte B y acidificación en el horizonte A.
	<b>PARDOS:</b> son propios de la zona templado – húmedo y mediterráneo. Presenta cantidades de humus variable en función con la vegetación y carbonatos acumulados en el horizonte B.
	<b>SUELOS ÁRIDOS:</b> presentan ascenso capilar constante. Son de dos tipos: Caliche de color blanco generalmente con costras superficiales de yeso, caliza o sales; y Terra Rossa de color rojo son arcillas y carbonatos por oxidación.
	<b>TROPICALES:</b> presenta una gran descomposición de la materia orgánica por lo que su horizonte A tiene apariencia delgada. Cuando en el suelo se forma un medio básico, se solubiliza la sílice (SiO <sub>2</sub> ) precipitando hacia el horizonte B junto con hidróxidos y óxidos de Fe y Al, dando lugar a costras

	duras dentro del horizonte A y haciéndolo un erosionado. Este tipo de suelo toma el nombre de Laterita.
<b>SUELOS AZONALES</b>  <i>Son suelos influenciados por el clima el mismo que actúa en su etapa de desarrollo evitando que alcancen una madurez importante</i>	RANKER: presentan sustratos de silicio (granitos, pizarras, areniscas) por lo que su horizonte A es muy delgado y pobre en nutrientes. Casi no presenta horizonte B y la roca madre está muy cerca de la superficie.
	RENDZINA: poseen suelo Calizo como sustrato (calizas, yesos). Al igual que el suelo Ranker presenta un horizonte A muy delgado y la roca madre está cerca de su superficie.
	GLEYS: son suelos característicos de zonas frías y húmedas encharcadas. La descomposición de materia orgánica se da por microorganismos anaerobios llegando a ser un proceso muy lento por lo que da paso a la formación de turba la misma que puede ser utilizada como combustible. Este suelo es muy ácido de color gris – azulado y con presencia de metales reducidos de Fe <sup>+2</sup> .

FUENTE: (ORTEGA, 2012)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

Los suelos están formados por partículas de diferentes tamaños producto de la desfragmentación de las rocas. De acuerdo al diámetro de las partículas los suelos también presentan una clasificación textural la cual da el nombre al tipo de suelo dependiendo de las diferentes fracciones de grano de arena, limo y arcilla presentes en el mismo. La relación entre fracciones de arcilla, limo y arena se indican en forma triangular de la siguiente manera:

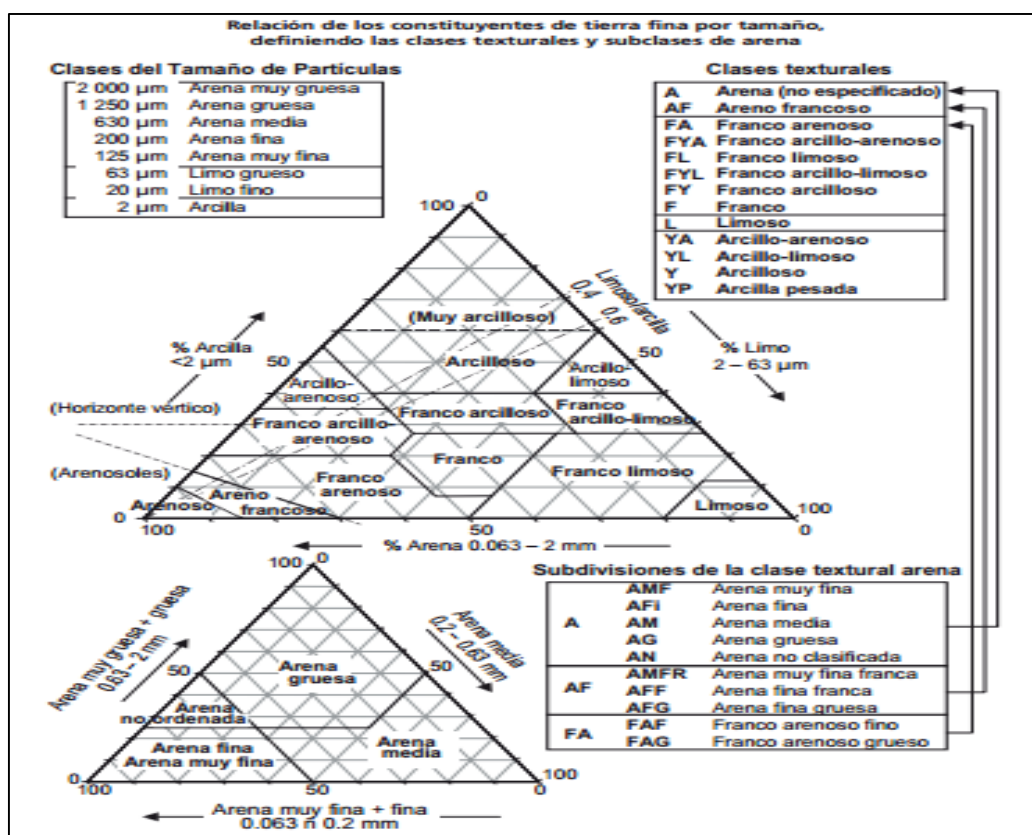


FIGURA 1-2: Clasificación textural del suelo.

FUENTE: (FAO, 2009)



La determinación de tipo de suelo puede realizarse en campo a través de pruebas simples y sintiendo los constituyentes del suelo:

- La Arcilla se adhiere a los dedos en forma pegajosa (cohesivo), es moldeable con una alta plasticidad y presenta una superficie brillante luego de apretarla entre los dedos.
- El Limo se adhiere a los dedos, pero no es pegajoso, no es moldeable y presenta una superficie áspera y rasposa luego de apretarlo entre los dedos, además deja una sensación harinosa parecida al talco.
- La Arena tampoco es moldeable, no se adhiere a los dedos y presenta sensación granulosa. (FAO, 2009)

### ***Órdenes de Suelos según Soil Taxonomy.***

La clasificación del USDA o Soil Taxonomy, desarrollada por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, cataloga a los suelos acorde a varios parámetros, y cuyos nombres se forman anteponiendo una parte descriptiva a la terminación (*sol*). (PLATEA, 2004)

**TABLA 1-2: Órdenes del suelo según USDA.**

<b>ÓRDENES DEL SUELO SEGÚN USDA</b>	
<b>ENTISOL</b>	Son los suelos jóvenes en donde el proceso de formación aún no ha generado diversos horizontes. Generalmente presentan sólo el horizonte A pero su composición es similar al material rocoso que le dio origen.
<b>INCEPTISOL</b>	Son un poco menos jóvenes que los anteriores y poseen un desarrollo incipiente de horizontes. Estos suelos no presentan acumulación de materia orgánica, hierro o arcilla.
<b>VERTISOL</b>	Son suelos altamente fértiles y muy buenos para el pastoreo. Por su alto contenido de arcilla pueden formar grietas durante las épocas secas. En temporada de lluvias, estas grietas se llenan provocando inestabilidad en el suelo. Además, estos suelos permiten el desarrollo de cultivos como algodón, trigo y arroz.
<b>MOLLISOL</b>	Son considerados suelos agrícolas ya que tienen un buen desarrollo de sus horizontes. El horizonte A o capa superficial es profundo y con gran concentración de materia orgánica y varios nutrientes dándoles una alta fertilidad.
<b>ULTISOL</b>	Son suelos arcillosos, ácidos y de fertilidad escasa.
<b>OXISOL</b>	Presentan un alto desarrollo de sus horizontes. Poseen componentes como el cuarzo y la caolinita, muy resistentes a la meteorización. Carecen de arcilla y materia orgánica haciendo que su fertilidad natural sea muy limitada. Se encuentran principalmente en el Amazonas.
<b>ARIDISOL</b>	Tienen muy poca concentración de materia orgánica, por lo que son suelos de regiones áridas y semiáridas con poca disponibilidad de agua. Sus nutrientes químicos se encuentran en abundancia.
<b>HISTOSOL</b>	Poseen una capa gruesa de materia orgánica la misma que almacena grandes cantidades de carbono orgánico. Estos suelos tienen una gran importancia

	ecológica, sin embargo no son aptos para los cultivos ya que almacenan agua por largo tiempo, presentan un pH ácido y carecen de nutrientes.
<b>ALFISOL</b>	Poseen gran acumulación de arcilla en el horizonte B. Son suelos con fertilidad natural moderada y alta y los más abundantes del planeta.

FUENTE: (PEDOLOGÍA, 2011)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### El Suelo Amazónico.

La región Trasandina o Amazónica pertenece a los territorios ubicados por debajo de los 1300 m.s.n.m, en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes. (CALVACHE, 2017)

A diferencia de otras regiones ecuatorianas la mayoría de suelos amazónicos no son fértiles ya que carecen de nutrientes y poseen un bajo potencial de retención de minerales como calcio, potasio y fósforo, dando como resultado la presencia masiva de vegetación propia de un suelo pobre.

El bajo contenido de nutrientes se debe principalmente a las fuertes precipitaciones, las altas temperaturas y la historia geológica de la región. La lixiviación de nutrientes y la intensa meteorización a través de los años hacen que los suelos de la cuenca amazónica sean del tipo Oxisoles / Inceptisoles. (AMAZONAS, 2011)



**FOTOGRAFÍA 1-1: Suelo amazónico.**

FUENTE: (CALVACHE, 2017)

### **1.3.2.2 El impacto ambiental en el recurso suelo.**

Tomando en cuenta que el suelo es un recurso limitado por sus características naturales, la mala utilización del mismo, la actividad antrópica y las diferentes fuentes de contaminación contribuyen a la problemática de la degradación de los suelos. Actividades como: agropecuarias, forestales, desechos urbanos, uso de agroquímicos, industria minera, petroquímica, entre otras; han intensificado los impactos ambientales extendiéndose cada vez más sobre la superficie. (GEO ECUADOR, 2008)

#### ***La Industria Petroquímica.***

El desarrollo acelerado de la industria petroquímica ha dado origen a emergencias ambientales con graves repercusiones a la salud de la población y al equilibrio ecológico.

Entre sus posibles causas están el manejo inadecuado y/o abandono de residuos peligrosos, la falta de mantenimiento adecuado en instalaciones petroleras, fugas en líneas de conducción, derrames de hidrocarburos, entre otros.

Con respecto a los derrames y fugas de hidrocarburos, según un artículo publicado el 14 de junio del 2013 por Diario El Universo, “Ecuador es el mejor ejemplo de por qué no se debe extraer petróleo en la Amazonía ya que en los últimos 30 años las operaciones petroleras en la misma han derramado alrededor de 20 millones de galones de petróleo, ocasionados principalmente por la corrosión (28%), atentados (26%), fallas mecánicas (17%) y negligencia en un porcentaje menor. Los derrames pueden tener grandes repercusiones ecológicas y económicas sobre todo en un hábitat muy frágil como lo es la Amazonía.” (EL UNIVERSO, 2013)

#### ***Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH).***

Los Hidrocarburos Totales de Petróleo o TPH por sus siglas en inglés, son una expresión usada para describir a diversos compuestos químicos derivados del petróleo crudo. Existe una gran variedad de productos químicos procedentes del petróleo crudo por lo que no es tan práctico realizar su medición de contaminación en forma separada. Para ello se mide la cantidad total de TPH expuesto en el sitio.

“Los TPH son una mezcla de productos químicos formados principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos.” Están divididos en grupos de hidrocarburos de petróleo con

comportamiento similar en el agua y/o suelo y se los conoce con el nombre de fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene diversos productos químicos individuales tales como: hexano, aceites minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, fluoreno, componentes de gasolina, entre otros. Una muestra de TPH puede contener algunas o una mezcla de estas sustancias químicas. (ATSDR, 2016)

### ***Suelos contaminados por hidrocarburos.***

Generalmente el suelo es considerado como un sistema depurador porque es capaz de degradar o inmovilizar una o varias sustancias contaminantes. En este proceso conocido como capacidad de amortiguación, el suelo puede llegar a inactivar los efectos negativos de los contaminantes gracias a la ejecución de mecanismos como: neutralización, degradación biótica o abiótica, adsorción, complejización e insolubilización. También depende de las características de los horizontes del suelo, es decir la actividad microbiológica, reacciones físico-químicas, capacidad filtrante, propiedades del suelo (textura, estructura, porosidad, permeabilidad, intercambio iónico, salinidad, pH) y presencia de gases de cada horizonte, influyen en gran parte para la descomposición, inmovilización o liberación de contaminantes presentes en el suelo. (MILIARIUM, 2004)

Se considera un suelo contaminado a aquel que ha superado su capacidad de amortiguación, es decir que ya no puede asimilar, inmovilizar, inactivar y degradar todos los contaminantes que recibe y por lo tanto puede llegar a transferirlos a otros medios (agua, aire, biota) e inclusive incorporarlos en las cadenas tróficas. (CROSARA, s.f.)

Los niveles altos de contaminación repercuten negativamente en el comportamiento del suelo. La alta concentración de sustancias se vuelve tóxicas para los organismos presentes en el mismo, y le provoca una degradación química junto con la pérdida de productividad parcial o total. (MACKENZIE, 2005)

Cuando existe un derrame de hidrocarburos, ocurre el proceso llamado intemperización o meteorización en el cual se produce una serie de cambios en las propiedades físico-químicas del producto derramado permitiendo identificar su grado de toxicidad. En este proceso el hidrocarburo pasa por las siguientes etapas, las mismas que varían en función de las condiciones climáticas y sus características:

**a) Evaporación:**

Esta etapa es responsable de la pérdida de hidrocarburos de tamaño  $C^6$  a  $C^{13}$ . Aquí, el hidrocarburo aumenta su densidad y viscosidad, y disminuye su solubilidad en el agua por lo que también reduce su nivel de toxicidad. Los compuestos orgánicos volátiles (COV'S) presentes empiezan a evaporarse haciendo que el producto derramado sea más pesado y llegue a hundirse. Generalmente el 40% de hidrocarburo se evapora en 24 horas, aunque este porcentaje puede variar dependiendo del valor de viscosidad del mismo. Este dato es muy importante al momento que ocurre un derrame ya que con él se puede determinar su destino.

**b) Disolución:**

Comienza inmediatamente que ocurre la evaporación y continúa durante el proceso de degradación del producto. En esta etapa los compuestos más ligeros se convierten en los más tóxicos ya que son solubles en agua y la contaminan. Se considera importante calcular la concentración de estos compuestos para poder estimar sus posibles efectos tóxicos durante un derrame.

**c) Oxidación:**

Al combinarse el oxígeno molecular junto con los hidrocarburos, éstos comienzan a descomponerse. Mientras más extensa es el área del derrame, mayor oxidación tendrá y mayor será su velocidad de degradación. Además, los hidrocarburos expuestos a la radiación ultravioleta del sol también comienzan a degradarse mediante una oxidación fotoquímica. Se calcula que en un derrame se degrada el 1% de hidrocarburos diario dependiendo de la intensidad de radiación solar.

**d) Emulsificación:**

Es la etapa en donde el hidrocarburo derramado se dispersa en otro líquido quedando en suspensión a manera de pequeñas gotas. Este proceso ocurre lentamente sin embargo puede llegar a acelerarse gracias a la presencia de microorganismos.

**e) Sedimentación:**

Los hidrocarburos comienzan a desintegrarse o intemperizarse, aumentan su densidad y se hunden en caso de estar rodeados de agua.

**f) Biodegradación:**

La presencia de microorganismos comienza a degradar el hidrocarburo mediante un proceso natural y lento. El avance de la contaminación desde el suelo hacia el subsuelo, dependerá de la densidad del hidrocarburo derramado.

Los hidrocarburos de baja densidad o Light Nonaqueous Phase Liquid (LNAPLs) como gasolinas, aceites y petróleo crudo, tienden a formar una capa parecida a la nata en el nivel freático la misma que se mueve horizontalmente en dirección al agua subterránea.

-Los hidrocarburos de alta densidad o Dense Nonaqueous Phase Liquid (DNALPs) penetran la zona saturada del suelo mediante un desplazamiento inestable en forma de ramificaciones. (ALONSO R. , 2012)

### ***Efectos en la salud.***

Por su naturaleza los TPH son tóxicos para el ser humano ya que su exposición provoca efectos negativos en el sistema nervioso, en la sangre, en el sistema inmunitario, en la reproducción, entre otros. Se considera que los hidrocarburos que se destacan en toxicidad por sus efectos en la salud son los hidrocarburos aromáticos simples y los policíclicos (PAH) los mismos que se encuentran en mayor o menor grado dependiendo de la composición del crudo. (ALONSO R. , 2012)

La intoxicación por hidrocarburos puede darse por ingestión, aspiración o por contacto directo provocando una serie de síntomas que van desde irritaciones, mareos, vómitos; hasta inclusive el cáncer. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) considera algunos compuestos de TPH como bencenos o gasolinas, carcinogénicos para seres humanos. (ATSDR, 2016)

### ***Efectos en el ambiente.***

Los TPH tienen la capacidad de contaminar el agua, aire y suelo debido a que algunos de sus componentes poseen sustancias que son persistentes y bio-acumulativas.

-En el agua, los TPH son dañinos para los organismos acuáticos y/o terrestres ya que aumenta el crecimiento de algas dificultando la vida acuática y provocando eutrofización.

-En el aire los COV's acidifican el agua de lluvia formando la conocida lluvia ácida y degradan la capa de ozono lo que provoca una serie de cambios en el clima.

-En el suelo provoca pérdida de biodiversidad ya que se contamina la flora y fauna.

### **1.3.2.3 Remediación de suelos.**

La remediación es un proceso que permite la descontaminación de recursos como agua o suelo. Representa una alternativa para la disposición final adecuada de los mismos. El tratamiento de remediación depende en gran parte de las características del lugar a remediar y las propiedades fisicoquímicas del contaminante. Las técnicas de tratamientos involucran una serie de operaciones unitarias químicas, físicas o biológicas que destruyen la composición de un contaminante reduciendo su toxicidad, cantidad y movilidad. (VOLKE T. V., 2002)

#### ***Clasificación de las técnicas de tratamiento.***

En el caso de un suelo contaminado, la técnica de tratamiento a aplicar se escoge en función del suelo a tratar, del contaminante que se desea extraer, del grado de remediación que se le quiere dar y del presupuesto. Es así que las técnicas de remediación para suelos se clasifican en base a los siguientes principios:

#### **a) Estrategia de remediación.**

Con la aplicación de la técnica de remediación se busca:

- Destrucción o modificación de los contaminantes, en donde se altera la estructura química del contaminante.
- Extracción o separación de los contaminantes de su medio contaminado, en donde se aprovecha sus propiedades físicas o químicas (volatilización, solubilidad, carga eléctrica).
- Aislamiento o inmovilización del contaminante, estabilizándolo o solidificándolo mediante métodos físicos o químicos.

#### **b) Lugar dónde se realiza el proceso de remediación.**

- Ex situ cuando se excava el suelo contaminado para luego llevarlo a ser tratado en una instalación aparte. El tratamiento puede realizarse en el mismo sitio (on-site) o en un lugar aparte (off-site).
- In situ cuando no se excava el suelo contaminado y es tratado en el mismo sitio. (ALONSO R. , 2012)

**TABLA 1-3: Ventajas y desventajas de la remediación Ex situ e In situ.**

REMEDIACIÓN EX SITU	REMEDIACIÓN IN SITU
<b>VENTAJAS</b>	
-Se realiza el tratamiento en menor tiempo. -Permite homogenizar el suelo contaminado. -Permite realizar muestreos periódicos.	-Se realiza el tratamiento del suelo sin necesidad de excavar o transportar. -Reducción de costos.
<b>DESVENTAJAS</b>	
-Necesita excavar el suelo. -Uso de maquinaria pesada. -Manipulación del suelo contaminado y posible exposición del personal al contaminante.	-Necesita períodos largos de tratamiento. -No se puede homogenizar el suelo contaminado. -Dificulta comprobar la eficiencia de la remediación.

FUENTE: (VOLKE T. V., 2002)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

**c) Tipo de tratamiento.**

- Tratamiento Biológico o Biorremediación: El tratamiento se realiza con la ayuda de las actividades metabólicas de plantas, hongos y bacterias, las mismas que logran transformar, remover y/o degradar el producto tóxico.

**TABLA 1-4: Clasificación de los Tratamientos Biológicos.**

<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b>	
<b>In Situ</b>	<b>Ex Situ</b>
Biorremediación	Biopilas
Fitorremediación	Biodegradación en reactor

FUENTE: (ALONSO R. , 2012)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

- Tratamiento Físico-químico: Se aprovecha las propiedades físicas y/o químicas del contaminante o de su medio para separar, contener o destruir la contaminación.

**TABLA 1-5: Clasificación de los Tratamientos Físico-químicos.**

<b>TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO</b>	
<b>In Situ</b>	<b>Ex Situ</b>
Extracción con vapor	Extracción con disolventes
Lavado	Lavado
Solidificación / Estabilización	Oxidación / Reducción
Electrorecuperación	Deshalogenación química
	Solidificación / Estabilización

FUENTE: (ALONSO R. , 2012)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

- Tratamiento Térmico: Utiliza calor para incrementar la volatilización del contaminante, logrando separarse de su medio, quemarse, descomponerse o incluso fundirse.



**TABLA 1-6: Clasificación de los Tratamientos Térmicos.**

TRATAMIENTO TÉRMICO
Ex Situ
Desorción térmica
Incineración

FUENTE: (ALONSO R. , 2012)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

**TABLA 1-7: Ventajas y desventajas de los tratamientos.**

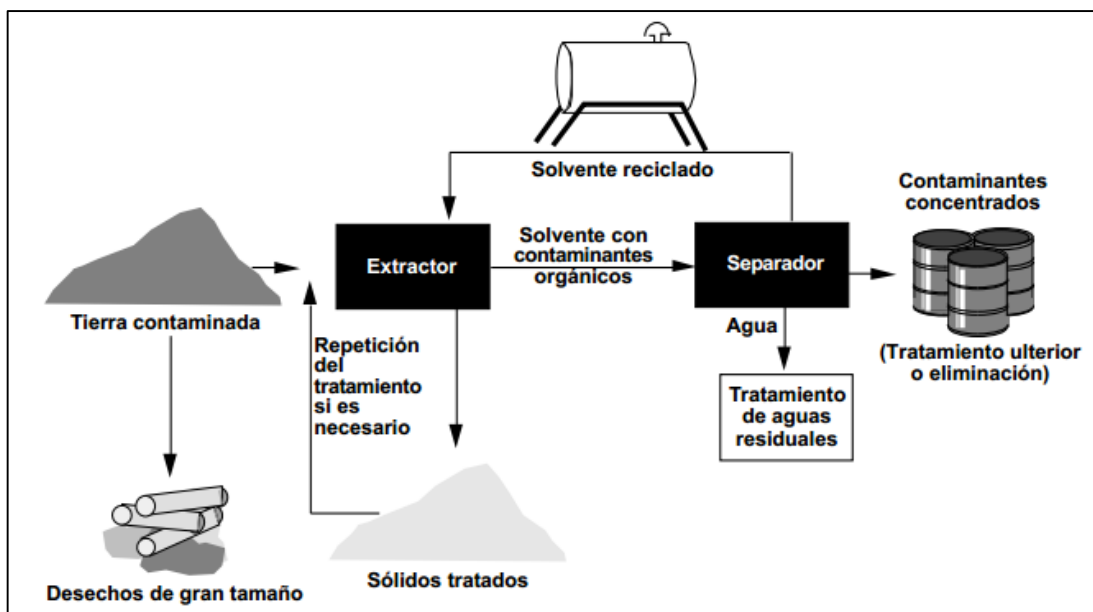
TRATAMIENTO BIOLÓGICO	TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO	TRATAMIENTO TÉRMICO
<b>Ventajas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Son efectivos en cuanto a costos.</li> <li>-Benéficos para el ambiente.</li> <li>-Se destruye la mayor parte de contaminantes.</li> <li>-El tratamiento posterior es mínimo o nulo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Son efectivos en cuanto a costos.</li> <li>-Se realizan en períodos cortos de tiempo.</li> <li>-Equipo accesible.</li> <li>-No necesita mucha energía ni ingeniería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reduce esfuerzos de tratamiento.</li> <li>-El contaminante se elimina por completo.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere largos períodos de tratamiento.</li> <li>-Necesidad de verificar grado de toxicidad en intermediarios y/o productos.</li> <li>-El suelo debe necesariamente favorecer al crecimiento microbiano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los residuos generados por la técnica de separación, deben ser tratados nuevamente o disponer adecuadamente. Aumento de costos y necesidad de permisos ambientales.</li> <li>-Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de las sustancias tóxicas.</li> <li>-Necesidad de sistemas de recuperación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tratamiento muy costoso.</li> <li>-El suelo queda biológicamente inerte y alterado de forma irreversible.</li> </ul>

FUENTE: (ALONSO R. , 2012)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### ***Método de extracción con solventes.***

Esta técnica de tratamiento aplicada Ex situ, consiste en usar un líquido capaz de disolver otra sustancia (solvente orgánico), para separar el contaminante del suelo por evaporación o destilación. La extracción con solventes concentra los contaminantes sin destruirlos, de esta forma son más fáciles de reciclar. El resultado son tres fracciones: solvente con contaminantes disueltos, sólidos y agua, aunque generalmente los metales pesados quedan retenidos en los sólidos y el agua. Cada fracción puede ser tratada o eliminada individualmente. (EPA, 1996)



**FIGURA 1-3:** Procedimiento de extracción con solventes.

**FUENTE:** (EPA, 1996)

- **Aplicaciones:**

El Método de extracción con solventes ha tenido buenos resultados en la eliminación de compuestos orgánicos como PCBs, COVs, hidrocarburos, derivados del petróleo y otros. Para ello, utiliza solventes orgánicos como acetona, metanol, hexano, éter dimetílico y trietilamina, pudiendo ser recuperados mediante la adición de nuevos disolventes o por destilación lo cual permite su reutilización. (ORTIZ, 2007)

- **Limitaciones:**

La presencia de contaminantes inorgánicos como el plomo, pueden interferir en la efectividad del tratamiento, además puede llegar a implicar complejas consideraciones técnicas tal es el caso de los sistemas de tratamiento que utilizan butano o propano como solventes orgánicos, éstos necesariamente exigen un manejo adecuado de los solventes para evitar su evaporización y/o riesgo de incendios. (EPA, 1996)

**a) Gasolina Blanca:**

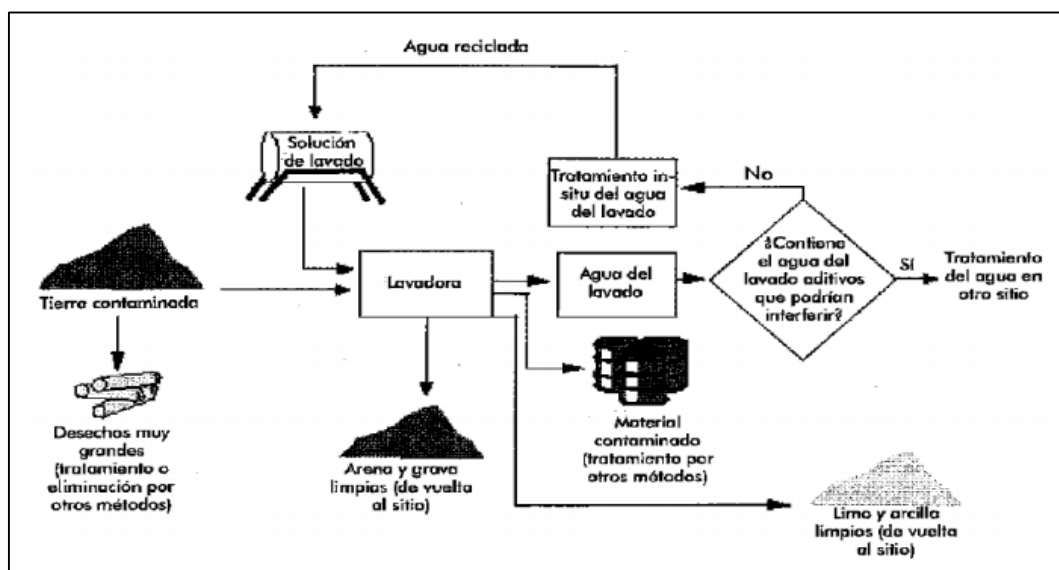
Conocida también con el nombre de bencina, trementina mineral o solvent Stoddard, es un derivado del petróleo crudo obtenido en su destilación atmosférica. Posee una composición de 80% a 85% de hidrocarburos alifáticos e hidrocarburos alicíclicos y un 15% a 20% de hidrocarburos aromáticos; siendo un líquido levemente amarillo o incoloro, casi insoluble en agua y con el olor típico de los hidrocarburos.

Presenta propiedades disolventes, por lo que en la industria y en el hogar se utiliza mucho para disolver pintura, barnices y procesos textiles. También puede ser usada como carburante para motores de explosión, como combustible de lámparas, en estufas domésticas, para eliminar manchas de grasas, tintes o alquitranes; entre otros. Dentro de la industria química la gasolina blanca se aprovecha como solvente para la dilución y extracción de breas y alquitranes. (BLOGICARS, 2017)

**\*Técnica del Lavado de Suelo.**

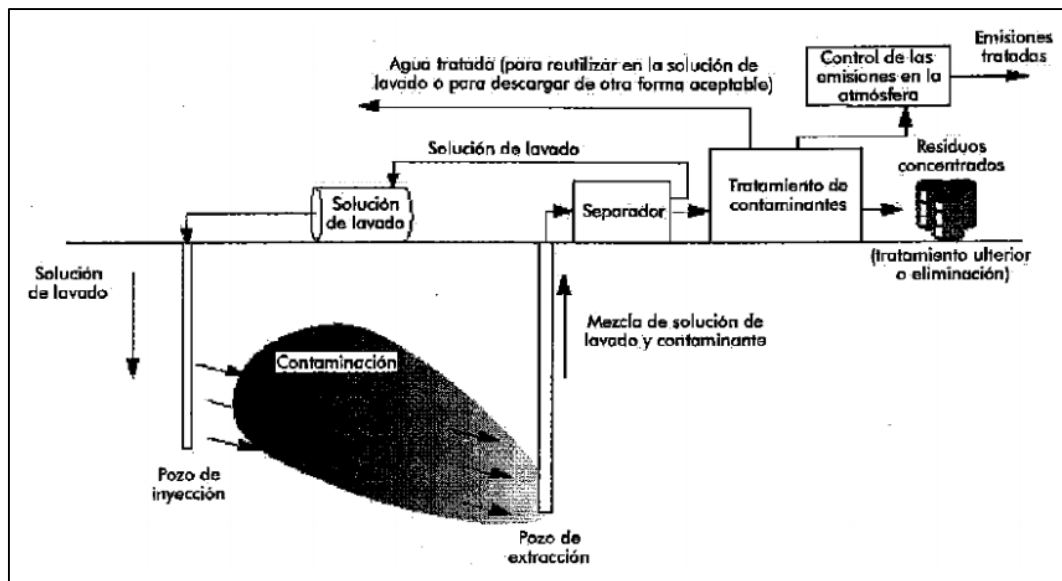
El lavado de suelo es una tecnología de remediación del tipo físico-químico in situ y ex situ. Su función principal es la de separar las sustancias contaminantes presentes en el suelo a través de líquidos de extracción, los mismos que requieren de una descontaminación posterior con otro tratamiento.

- a) El lavado ex situ generalmente combina agua con aditivos químicos para depurar el suelo contaminado mediante un procedimiento mecánico que separa la tierra fina de la gruesa, permitiendo reducir el volumen de contaminantes y concentrarlos de mejor manera.



**FIGURA 1-4:** Procedimiento de lavado Ex situ del suelo contaminado.  
**FUENTE:** (ALONSO R. , 2012)

- b) El lavado in situ moja el suelo contaminado con una solución que arrastra el contaminante para luego ser extraído por bombeo. La solución que se utiliza puede ser agua con un ácido, agua con una base, agua con un agente tensoactivo, o agua sola. Este método es muy eficaz en suelos con un bajo contenido de limo o arcillas.



**FIGURA 1-5:** Procedimiento de lavado In situ del suelo contaminado.

**FUENTE:** (ALONSO R. , 2012)

- **Aplicaciones:**

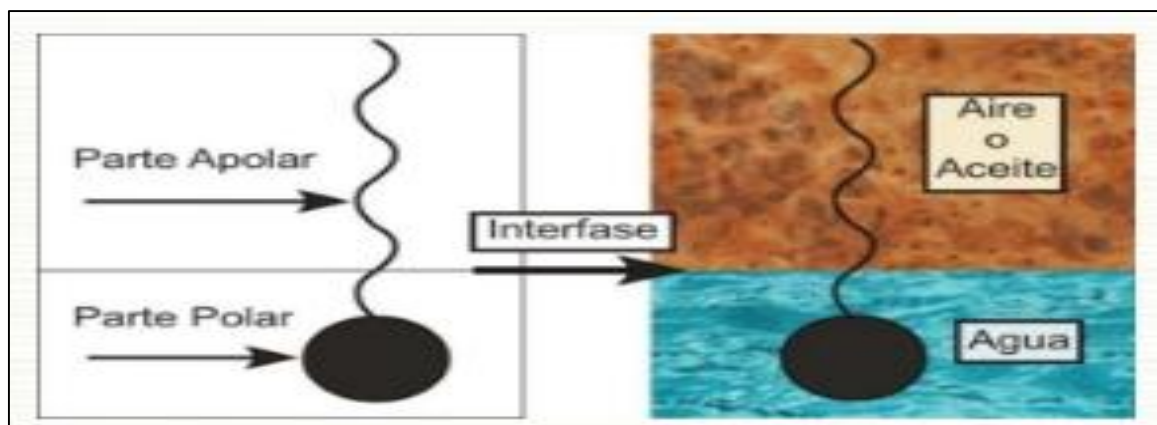
La técnica de remediación del lavado ha sido muy útil en el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos, pesticidas y metales pesados, llegando a tener mucho éxito.

- **Limitaciones:**

Sin embargo, las sustancias químicas utilizadas para la extracción de contaminantes pueden llegar a alterar las propiedades físico-químicas del suelo, por ejemplo, los surfactantes pueden adherirse en la capa porosa del suelo disminuyendo su permeabilidad; otras sustancias pueden reducir la movilidad del contaminante presente en el suelo. (VOLKE T. V., 2002)

**a) Lavado del suelo usando Agentes Tensoactivos:**

El agente tensoactivo o surfactante, también conocido como detergente, es una molécula anfipática que reduce la tensión superficial del agua por medio de dos grupos polares: una fracción polar hidrofílica en la cabeza y una fracción no polar hidrofóbica en la cola. Su estructura le permite mantenerse en las interfaces aceite/agua y aire/agua debido a que sus grupos polares llegan a formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, y sus grupos no polares, generalmente cadenas carbonadas, interactúan en soluciones acuosas formando micelas (estructuras esféricas organizadas), generando como resultado una emulsión. (VOLKE T. V., 2003)



**FIGURA 1-6:** Molécula de surfactante.

**FUENTE:** (RIOJAS, H., et. al., 2010)

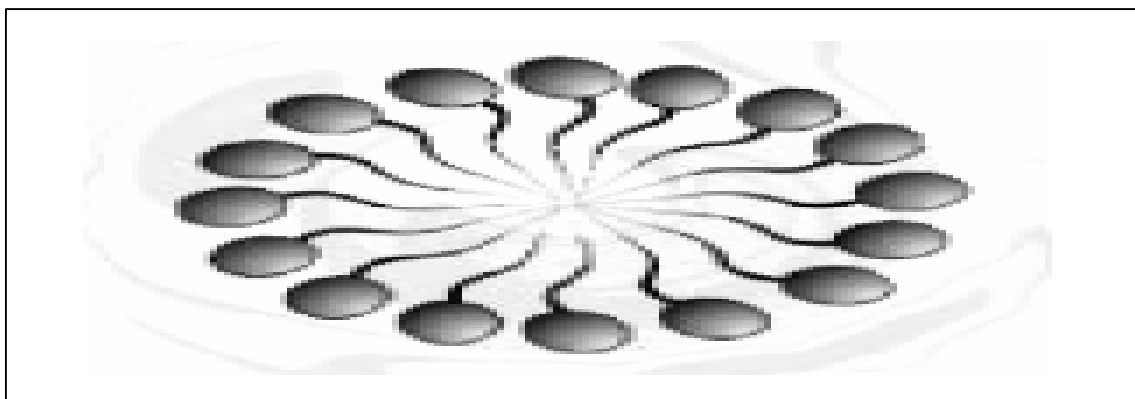
**TABLA 1-8: Ventajas y desventajas de los surfactantes.**

SURFACTANTES	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento de solubilidad y biodisponibilidad de contaminantes orgánicos.</li> <li>-Mejora la degradación de los hidrocarburos.</li> <li>-Pueden ser biodegradables.</li> <li>-Se pueden usar como sustrato primario cuando el contaminante se degrada co-metabólicamente.</li> <li>-Son fáciles de comercializar y distribuir.</li> <li>-De bajo costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Su toxicidad.</li> <li>-Los residuos suelen ser más tóxicos que los compuestos originales.</li> <li>-Puede disminuir la degradación del contaminante y su efecto de biodisponibilidad.</li> </ul>

**FUENTE:** (RIOJAS, H., et. al., 2010)

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

Los surfactantes pueden ser sintetizados químicamente con la finalidad de poder incrementar su solubilidad en contaminantes orgánicos hidrofóbicos (HOCs) tales como TPHs, PCBs, pesticidas, explosivos, clorofenoles, entre otros, facilitando su biodisponibilidad y biodegradación; mediante la desorción de los mismos del suelo contaminado hacia una fase líquida. Es técnica es posible cuando concentración del surfactante es superior a la concentración micelar (hidrofílica/hidrofóbica) crítica (CMC), debido a que el monómero del surfactante aún logra mantenerse en la solución. (VOLKE T. V., 2003)



**FIGURA 1-7:** Estructura de una micela de surfactante en agua.

**FUENTE:** (VOLKE T. V., 2003)

La dosis de surfactante recomendada para un buen lavado de suelo contaminado se encuentra en el rango de 0.5-2%. La baja concentración de surfactante es aconsejable desde el punto de vista ambiental y económico ya que el surfactante en pocas cantidades mezclado con agua reduce la capacidad de los poros del suelo a retener el contaminante facilitando su desplazamiento y remoción. (RIOJAS H. e., 2011)

- **Consideraciones:**

El uso de surfactantes para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos, generalmente depende de la capacidad fisiológica de los microorganismos presentes en el suelo, de la composición química del contaminante y de los factores ambientales del suelo.

Para agregar este producto al proceso de lavado del suelo primero debe de considerarse algunos factores que justifiquen su aplicación. Para ello el surfactante debe:

- No ser tóxico para la salud humana o para el medio ambiente.
- Ser de fácil aplicación.
- Disminuir la tensión superficial e interfacial de una forma eficiente.
- Solubilizar o movilizar los contaminantes.
- Tener capacidad de desorción.
- Tener capacidad de humectación.
- Ser biodegradable y poder reutilizarse.
- Ser disponible comercialmente y precio accesible. (RIOJAS H. e., 2011)

- **Limitaciones:**

Los suelos contaminados con hidrocarburos pueden llegar a presentar HOCs absorbidos y NAPLS no acuosos, como es el caso de PAH caracterizados por su resistencia a la degradación natural y propiedades cancerígenas.

Se puede encontrar una gran variedad de surfactantes en el mercado, sin embargo, al aplicar un surfactante elegido inapropiadamente al método de lavado del suelo puede llegar a ocurrir:

- La baja permeabilidad del suelo.
- Heterogeneidad o contaminación extremadamente insoluble.
- Aumento del tiempo de penetración del surfactante a la zona contaminada.
- Formación de coloides que se dispersan en el suelo.
- Obstrucción de los poros del suelo.
- Baja efectividad del tratamiento. (RIOJAS H. e., 2011)

- **Surfactante Tween 80:**

El Monooleato de sorbitán etoxilado conocido con el nombre comercial Tween 80, es un producto químico insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos, no forma sales insolubles con iones de calcio, magnesio, entre otros por lo que no se ve afectado por el agua dura, puede ser usado en soluciones ácidas fuertes, presenta baja toxicidad, logra formar emulsiones estables y es considerado un agente espumante leve – moderado. (RIOJAS H. e., 2011)

**TABLA 1-9: Características del surfactante Tween 80.**

NOMBRE COMERCIAL	TWEEN 80
Nombre químico	Polioxietileno (20) Monooleato de sorbitán
Peso molecular	1309,668 g/mol
Densidad	1,064 g/ml
CMC	0,043 mM

FUENTE: (RIOJAS H. e., 2011)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

El Tween 80 es un producto muy adecuado para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos ya que presenta una CMC (12 g/L) baja a diferencia de otros surfactantes, permitiéndole formar micelas con bajas concentraciones de producto. Además, según otras investigaciones, éste surfactante puede ser absorbido y degradado por los microorganismos presentes en el suelo hasta en un 99,6%, presentando también una oxidación del 90% permitiendo un tratamiento posterior con el método de oxidación/reducción. (VOLKE T. V., 2003)

***Método de oxidación química:***

Consiste en la adición de oxidantes fuertes que permiten la degradación de contaminantes presentes en el suelo. El tratamiento se da inyectando directamente estos oxidantes químicos al

suelo contaminado para oxidar los contaminantes. Generalmente se utiliza cinco oxidantes químicos: ozono (O<sub>3</sub>), permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>), peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), peroxodisulfato (o persulfato) de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) y peróxido de calcio (CaO<sub>2</sub>); siendo cada uno de ellos efectivos para distintos contaminantes. Con el uso de este tratamiento se genera mínimas cantidades de desecho y se emplea en un período de tiempo corto. (VILLALBA, 2013)

#### a) Hipoclorito de Calcio:

“El hipoclorito de calcio Ca(OCl)<sub>2</sub>, conocido también como cal clorada, es un producto químico sólido blanco que se descompone fácilmente en el agua liberando oxígeno y cloro, teniendo también, un fuerte olor a cloro” Generalmente se lo utiliza como agente blanqueador, desinfectante y/o como solución limpiadora de sistemas de agua potable, purificación de aguas residuales y en piscinas, debido a su alta eficacia contra microorganismos (bacterias, algas, hongos) peligrosos para la salud humana. (ESTRUCPLAN, s.f.)

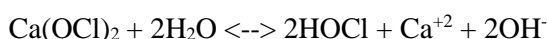
**TABLA 1-10: Características del hipoclorito de calcio.**

NOMBRE COMERCIAL	HIPOCLORITO DE CALCIO
Fórmula	Ca(OCl) <sub>2</sub>
Peso molecular	142.98 g/mol
Concentración de cloro	(30-75%)

FUENTE: (ESTRUCPLAN, s.f.)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

El hipoclorito de calcio aumenta el pH del agua, siendo su reacción química la siguiente:



Al ser un sólido, comercialmente está disponible como polvo blanco o tabletas. Para poder usarlo primero se debe preparar una solución, disolviéndolo de preferencia en agua tibia ya que posee una solubilidad relativamente baja. (SMART-FERTILIZER, 2017)

#### • Consideraciones:

-Al liberarse en el aire, el hipoclorito de calcio se degrada con la luz solar y por compuestos presentes en el aire.

-Cuando está presente en el agua y/o el suelo, se separa en iones de calcio e hipoclorito, los mismos que pueden reaccionar con las sustancias presentes en estos medios.



-Es un producto químico que no se acumula en la cadena alimenticia. (ESTRUCPLAN, s.f.)

- **Limitaciones:**

-Su solubilidad baja provoca sedimentos en la solución. La concentración del cloro depende de la extensión de disolución lograda. (SMART-FERTILIZER, 2017)

## **1.4 BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

### **1.4.1 Beneficiarios directos.**

Los principales favorecidos son las industrias dedicadas a la remediación ambiental principalmente ARCOIL CIA. LTDA junto con la flora, fauna y comunidades oriundas del sector.

### **1.4.2 Beneficiarios indirectos.**

La población de la provincia de Orellana y el oriente ecuatoriano en general.

## **CAPÍTULO II**

### **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1. Objetivo General**

Rediseñar el sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo de la empresa ARCOIL CIA. LTDA., ubicada en el cantón San Sebastián del Coca Provincia de Orellana.

#### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar el sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo de la empresa ARCOIL CIA. LTDA.
2. Efectuar la caracterización química de suelo contaminado por petróleo considerando los TPH como parámetro principal, en referencia a la Tabla 6 del RAOHE, Anexo II.
3. Realizar pruebas de tratabilidad para determinar las variables de proceso adecuadas para el rediseño del sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo.
4. Desarrollar los cálculos de ingeniería para el rediseño del sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo.
5. Validar el rediseño del sistema de tratamiento de suelo contaminado por petróleo mediante la caracterización química final del suelo remediado en base a la Tabla 6 del RAOHE, Anexo II.
6. Comparar los beneficios del rediseño que se propone frente al diseño existente en la Empresa ARCOIL CIA. LTDA.

## **CAPÍTULO III**

### **3. ESTUDIO TÉCNICO**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**

El siguiente trabajo de investigación se realizó en la parroquia San Sebastián del Coca, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

##### **3.1.1 Ubicación y extensión.**

La Parroquia San Sebastián del Coca es parte del cantón Joya de los Sachas, en la provincia de Orellana, está localizada a 16 km de la Cabecera Cantonal de la Joya de los Sachas entre 380 y 260 m.s.n.m y al Sureste de la Provincia de Sucumbíos a 9964131 Norte y 280203 Este. Presenta una superficie actual de 283,4 Km<sup>2</sup>, según datos obtenidos en el Plan de Desarrollo Territorial de la parroquia. (GAD COCA, 2017)

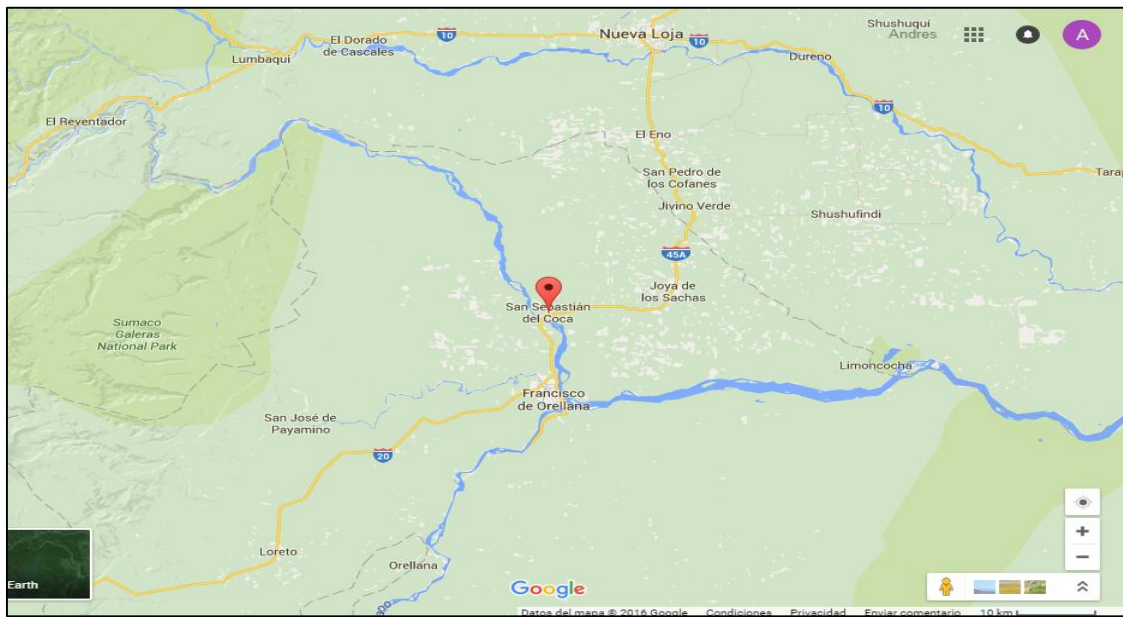
- **Localización Geográfica:**

- Región: Amazónica
- Provincia: Orellana
- Cantón: Joya de los Sachas
- Parroquia: San Sebastián del Coca

- **Límites:**

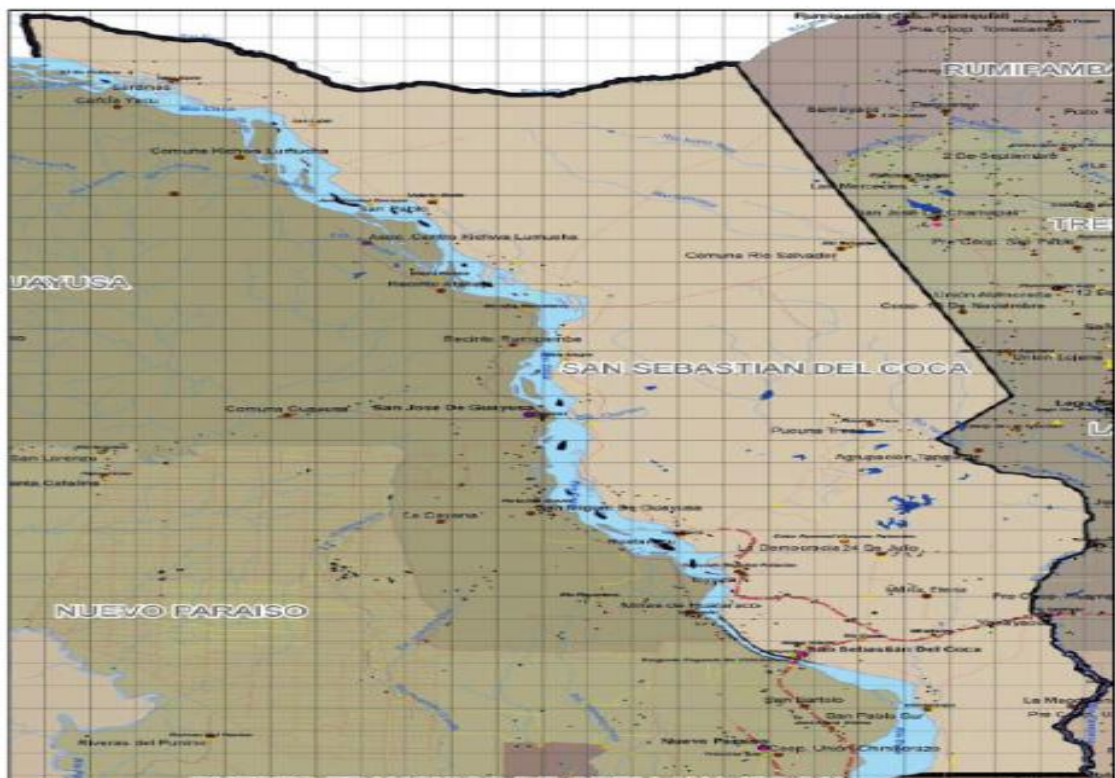
- Norte: Provincia de Sucumbíos.
- Sur: Comunidades San José y Amaru Mesa del cantón Francisco de Orellana.
- Este: Parroquias Rumipamba, Tres de Noviembre, Lago San Pedro, Joya de los Sachas y San Carlos.
- Oeste: Río Coca.

- **Mapas:**



**FIGURA 3-1:** Localización geográfica de la Parroquia San Sebastián del Coca.

**FUENTE:** Google Maps.



**FIGURA 3-2:** Parroquia San Sebastián del Coca.

**FUENTE:** Plan de Desarrollo Territorial de la parroquia.

### **3.1.2 *Tamaño de la población.***

La Parroquia San Sebastián del Coca cuenta con una población de 2203 habitantes según el censo realizado por el INEC 2001-2010.

### **3.1.3 *Climatología.***

- Clima:           Húmedo – Tropical.
- Temperatura:       Promedio 25,5°C.
- Nubosidad:       Media 5,5 octas.

## **3.2 INGENIERÍA DEL PROYECTO**

El presente trabajo técnico tiene como objetivo rediseñar el sistema de tratamiento de los suelos contaminados con petróleo en la Empresa ARCOIL CIA. LTDA, promoviendo una alta factibilidad de ejecución del rediseño a bajo costo de operación, de esta manera se espera cumplir con las expectativas de la empresa y con la norma ambiental.

### **3.2.1 Tipo de Estudio.**

Éste proyecto es de tipo técnico, ya que contempla aspectos técnicos operativos preliminares que determinarán si el proyecto es factible o no, mediante una investigación teórico – práctico. El estudio técnico permite demostrar la viabilidad del proyecto por medio de un estudio analítico, descriptivo y experimental.

El presente proyecto correlaciona datos específicos basados en normativas legales y los compara con datos experimentales obtenidos mediante el análisis de las muestras en estudio, permitiendo describir un proceso ejecutable que mejor se adapte para la elaboración del proyecto.

### **3.2.2 Toma de Muestras.**

El muestreo de suelo contaminado con hidrocarburos se llevó a cabo en la plataforma de remediación de la empresa ARCOIL CIA. LTDA., ubicada en el cantón San Sebastián del Coca, provincia de Orellana, tomándose en cuenta la metodología de muestreo descrita en el Libro VI – Anexo 2 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Medio Ambiente (TULSMA).

Para ello, se realizó un muestreo al azar tomando dos muestras compuestas de 250 g para la caracterización ambiental, y de 5 kg para el desarrollo de las pruebas de tratabilidad, conformadas por varias sub muestras puntuales recolectadas en sitios al azar. La primera muestra es de suelo arcilloso y la segunda de suelo arenoso.

El muestreo se realizó utilizando una barrena muestreadora a una profundidad de 20 cm aproximadamente conforme al diagnóstico de contaminación, se realizó la homogenización de las muestras respectivamente, después se conservó en fundas de cierre hermético de polietileno para su transporte correspondiente. (ECUADOR, 2003)

**TABLA 3-1: Materiales y equipos utilizados en el muestreo del suelo.**

TOMA DE MUESTRAS DE SUELO	
MATERIALES	EQUIPOS
-Botas de caucho -Guantes de cuero -Fundas Ziploc	-Barrena muestreadora

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### 3.2.3 Métodos y Técnicas.

#### 3.2.3.1 Métodos.

##### a) Método inductivo

Permite obtener conclusiones generales a partir de deducciones específicas, es decir; con el proceso de experimentación a nivel de laboratorio para el tratamiento de remediación aplicado a las muestras de suelo arenoso y arcilloso podemos obtener una idea clara y concisa para la realización del proyecto a gran escala, siempre y cuando se respete la normativa legal ambiental vigente y los análisis y datos obtenidos durante la elaboración del proyecto de investigación.

##### b) Método deductivo

Considera que las conclusiones son una consecuencia directa de las premisas, es decir; cuando éstas deducciones son verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que las conclusiones sean falsas. La elaboración correcta del tratamiento de remediación de las

muestras de suelo a nivel de laboratorio permitirá obtener resultados óptimos y con ellos datos válidos para la realización futura del proyecto.

### c) Método experimental

Recopila datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control con las mediciones de un grupo experimental. Utiliza equipos tecnológicos e instrumentación adecuada para comprobar que las muestras de suelo remediadas a nivel de laboratorio demuestren datos reales y poder compararlas con los valores permitidos en la normativa vigente, además se podrá simular el diseño del proceso de remediación de suelos a gran escala.

#### 3.2.3.2 Técnicas.

##### *Caracterización de las muestras.*

Las muestras recolectadas se llevaron al Laboratorio Ambiental CESSTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su respectivo análisis de TPH.

**TABLA 3-2: Métodos analíticos para suelos.**

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
Hidrocarburos totales (TPH)	Extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID). Alternativa: Extracción con freón, remoción de sustancias polares en el extracto y determinación por espectroscopía infrarrojo.	EPA 413.1; 1664 (SGT - HEM) ASTM D3921-96.

**FUENTE:** (ECUADOR, 2001)

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

##### *Pruebas a nivel de laboratorio.*

Se realizó la caracterización física y química de las muestras analizadas a nivel de laboratorio, para ello es necesario que las muestras de suelo arenoso y arcilloso sean previamente secadas al ambiente.

## a) Caracterización Física

### • Granulometría

El análisis granulométrico permite determinar el tamaño de partículas que posee la muestra de suelo, con el fin de conocer el tipo de permeabilidad que presenta. Para este trabajo de investigación no será necesario realizar el análisis granulométrico de forma completa ya que se conoce que las muestras de suelo son del tipo arenoso y arcilloso.

### • Densidad

**TABLA 3-3: Determinación de la densidad de la muestra de suelo.**

PARÁMETRO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
Densidad Aparente	<b>*Materiales</b> -Mandil -Guantes de manejo -Papel aluminio -Probeta de 50 ml  <b>*Equipos</b> -Balanza analítica	En una probeta de 50 ml previamente encerada en la balanza analítica, se pesa un volumen conocido de la muestra, se registra el peso y se reporta el valor de la densidad aparente como la relación entre la masa y el volumen ocupado por la misma.	<b>Ecuación 3-1</b>  $\rho_a = \frac{m}{Vol} \left( \frac{g}{ml} \right)$  Donde: m: masa (g) Vol: volumen (ml)
Densidad Real	<b>*Materiales</b> -Mandil -Guantes de manejo -Papel aluminio -Picnómetro de 10 ml -Piseta  <b>*Equipos</b> -Balanza analítica  <b>*Líquidos</b> -Agua dura	Se registra el peso de un picnómetro de 10 ml seco y vacío. Luego se agrega 1 g de muestra para registrar nuevamente su peso. Se afora el picnómetro con agua dura y se anota su peso.  De nuevo se afora el picnómetro únicamente con agua dura y se registra su peso.	<b>Ecuación 3-2</b>  $\rho_r = \frac{1}{1 + \frac{m_{p+a} + m_{p+a+m}}{m_{p+m} - m_p}} \left( \frac{g}{ml} \right)$  Donde: m <sub>p+a</sub> : peso del pictómetro con agua (g) m <sub>p+a+m</sub> : peso del pictómetro con agua y con la muestra (g) m <sub>p+m</sub> : peso del pictómetro con la muestra (g) m <sub>p</sub> : peso del pictómetro vacío y seco (g)



FUENTE: (MOSQUERA, 2014)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

- **Porosidad**

**TABLA 3-4: Determinación de la porosidad de la muestra de suelo.**

PARÁMETRO	TÉCNICA	CÁLCULOS
Porosidad	Se reemplaza los valores de densidad real y densidad aparente, obtenidos anteriormente, en la ecuación (3).	<p><b>Ecuación 3-3</b></p> $P = \frac{\rho_r - \rho_a}{\rho_r} * 100\% (\%)$ <p>Donde:</p> <p><math>\rho_a</math>: Densidad aparente (g/ml)</p> <p><math>\rho_r</math>: Densidad real (g/ml)</p>

FUENTE: (FLORES, 2010)

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

**b) Caracterización Química**

- **Acidez del suelo (pH):**

**TABLA 3-5: Determinación de la acidez (pH) de la muestra de suelo.**

PARÁMETRO	MATERIALES	TÉCNICA
Potencial Hidrógeno (pH)	<p><b>*Materiales</b></p> <p>-Mandil</p> <p>-Par de guantes de manejo</p> <p>-Papel aluminio</p> <p>-Tamiz</p> <p>-Vaso de precipitación 100 ml</p> <p><b>*Equipos</b></p> <p>-Balanza analítica</p> <p>-Agitador magnético</p> <p>-pHchímetro</p> <p><b>*Líquidos</b></p> <p>-Agua dura</p>	<p>Se pesa 10 g de muestra de suelo secado al ambiente previamente homogenizado y tamizado.</p> <p>Se añade a un vaso de precipitación de 100 ml junto con 25 ml de agua dura.</p> <p>Se mantiene la muestra en agitación por 30 min con un agitador magnético, luego se deja en reposo por 1 hora.</p> <p>Se mide el pH con un pHchímetro.</p>

FUENTE: (MOSQUERA, 2014)

### c) Tratamiento de la muestra

Para este procedimiento se tomó como referencia el trabajo realizado por Castillo – Espinoza (2008), “quien realizó una serie de procesos experimentales para encontrar las mejores condiciones de lavado requeridas para una efectiva remoción del contaminante”, por lo que se empleó el mismo equipo utilizado en su trabajo. (VAZQUEZ, s.f.)

**TABLA 3-6: Materiales y equipos utilizados en el tratamiento de las muestras.**

TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE SUELO		
MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
-Probeta de 1000 ml -Filtros de celulosa	-Tanque de agitación	-Surfactante TWEEN 80 -Solvente orgánico -Hipoclorito

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

- **Pre - tratamiento del suelo con Surfactante TWEEN 80**

#### *Velocidad de Agitación:*

Este parámetro determina el tiempo de contacto entre las partículas del suelo y la fase líquida. Según Castillo – Espinoza (2008) las condiciones óptimas de velocidad de agitación para el lavado de suelo usando un surfactante, son las siguientes:

- “Un impulsor A200 con 4 paletas inclinadas a 45°, con una velocidad de agitación de 1700 rpm.
- Una relación 1:3 entre la cantidad de suelo a tratar y la solución de surfactante”



**FOTOGRAFÍA 3-1:** Velocidad de agitación del equipo de mezclado.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

Se emplearon 400 g de suelo contaminado y 1200 ml de solución agua y surfactante TWEEN 80 con una concentración del 1% (12 ml de surfactante en 1188 ml de agua dura). Este procedimiento se aplicó para ambas muestras de suelo tomando en cuenta la concentración inicial del contaminante obtenido en los resultados de análisis de laboratorio.

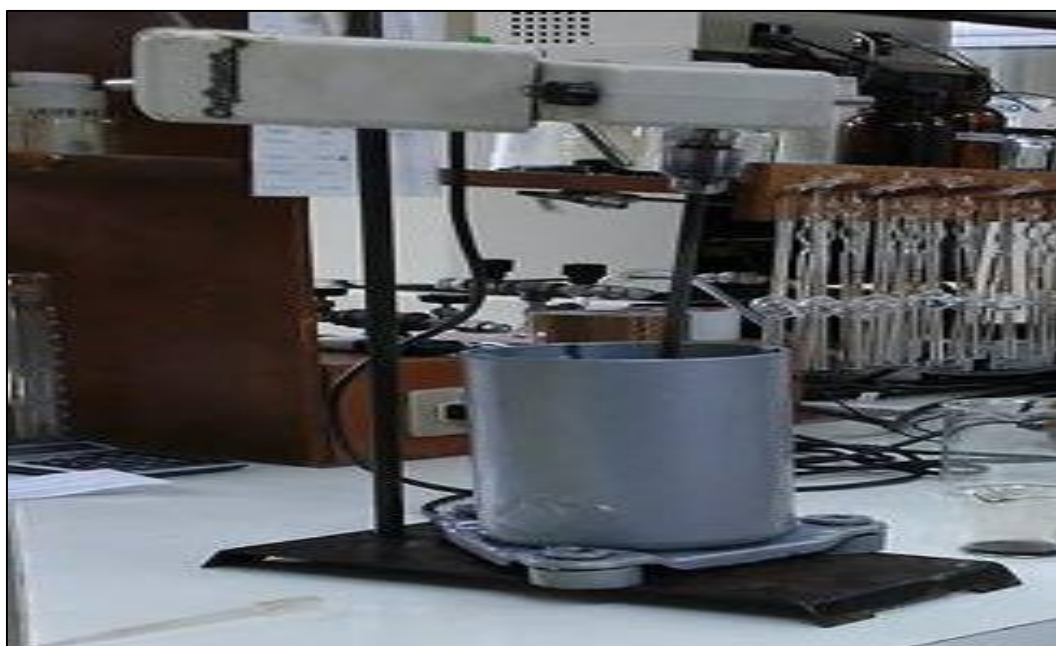


**FOTOGRAFÍA 3-2:** Surfactante TWEEN 80.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

### ***Equipo de mezclado:***

El motor usado para el mezclado fue el Ligthin® Lab Master™ Mixer, BK223116. El equipo incluye una flecha de acero de 50 cm y un tanque de mezcla de 12 cm de diámetro, con 4 deflectores de 1 cm de espesor colocados a cada 90° dentro de la circunferencia del tanque. El impulsor empleado es un A200 con 4 paletas inclinadas a 45° con un diámetro de 7 cm ubicado en la parte central del tanque de mezcla para evitar el contacto con los deflectores, y a 5 cm del fondo del mismo.



**FOTOGRAFÍA 3-3:** Equipo de mezclado.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

### ***Desarrollo del pre - tratamiento:***

Se vertieron 400 g de suelo contaminado seco dentro del tanque de agitación, junto con 1200 ml de solución agua y surfactante TWEEN 80 teniendo cuidado de que la flecha de acero esté lo más centrada posible, y que el impulsor al fondo del tanque de mezclado esté a 5 cm.

El proceso de lavado de suelo se realizó durante un período de tiempo igual a una hora con cincuenta minutos (1:50 h), a la velocidad óptima de 1700 rpm como se indicó anteriormente. Luego de terminar el proceso, se dejó reposar la mezcla resultante en un recipiente diferente por un tiempo de 24 horas. Una vez sedimentado, se separó el agua de lavado resultante con filtros de celulosa almacenándola en un recipiente diferente para un futuro tratamiento, mientras que el suelo sedimentado se llevó a secar al ambiente.



**FOTOGRAFÍA 3-4:** Tratamiento con surfactante TWEEN 80 – Suelo arenoso contaminado.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.



**FOTOGRAFÍA 3-5:** Tratamiento con surfactante TWEEN 80 – Suelo arcilloso contaminado.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

- **Pre - tratamiento del suelo con el solvente orgánico**

Para el proceso de pre - tratamiento con el solvente orgánico se utilizó el mismo equipo de mezclado descrito anteriormente con igual velocidad de agitación, sólo que a diferencia de la prueba anterior se estableció una relación 1:1,5 entre la cantidad de suelo a tratar y el solvente orgánico. Para ello se emplearon 400 g de suelo contaminado y 600 ml de solvente orgánico (gasolina blanca).

De igual forma este procedimiento se aplicó para ambas muestras de suelo tomando en cuenta la concentración inicial del contaminante obtenido en los resultados de análisis de laboratorio.



**FOTOGRAFÍA 3-6:** Galón de gasolina blanca.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

#### ***Desarrollo del pre - tratamiento:***

Se vertieron 400 g de suelo contaminado seco dentro del tanque de agitación, junto con 600 ml de solvente orgánico teniendo cuidado de que la flecha de acero esté lo más centrada posible, y que el impulsor al fondo del tanque de mezclado esté a 5 cm.

El proceso de extracción con el solvente orgánico se realizó durante un período de tiempo igual a una hora con treinta minutos (1:30 h), a la velocidad óptima de 1700 rpm.

Luego de terminar el proceso, la mezcla se separa inmediatamente en dos fases de líquido – sólido. La fase líquida se almacenó en un recipiente hermético diferente para evitar su volatilización, mientras que el suelo sedimentado se llevó a secar al ambiente.





**FOTOGRAFÍA 3-7:** Tratamiento con solvente orgánico – Suelo arenoso contaminado.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.



**FOTOGRAFÍA 3-8:** Tratamiento con solvente orgánico – Suelo arcilloso contaminado.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

- **Tratamiento del suelo por Oxidación Química**

Al ser un proceso de tratamiento realizado exclusivamente por la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., su información no puede ser divulgada; sin embargo, la concentración del agente oxidante utilizado en el tratamiento de suelo contaminado con hidrocarburos se calcula teniendo en cuenta la cantidad de contaminante presente en el mismo. Para ello, la cantidad estequiométrica, del agente oxidante, necesaria para mineralizar por completo a las sustancias contaminantes en dióxido de carbono y agua, debería ser hasta 10 veces superior a la concentración de

contaminantes presentes en el suelo, debido a que las especies responsables de la oxidación también pueden llegar a reaccionar con otros compuestos del suelo como la materia orgánica.

#### ***Desarrollo del tratamiento:***

Se realizó 2 dosificaciones de Hipoclorito de Calcio como agente oxidante a una masa considerable de suelo pre-tratado y que todavía no ha cumplido con el límite permisible exigido por la RAHOE, una a las 8:00 h y la segunda a las 15:00 h, mediante el método de riego y atomización.

### **3.2.4 Análisis de resultados.**

#### ***Caracterización de las muestras.***

Según el informe de análisis de laboratorio realizado por el Laboratorio Ambiental CESSTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se puede determinar que las muestras de suelo arenoso y arcilloso analizadas presentan valores de TPH fuera del límite permisible por la normativa ambiental RAOHE, siendo:

- Concentración inicial igual a 6185,83 mg/Kg en el suelo arenoso (MC<sub>arena</sub>).
- Concentración inicial igual a 38584,58 mg/Kg en el suelo arcilloso (MC<sub>arcilla</sub>).

#### ***Pruebas a nivel de laboratorio.***

##### **a) Caracterización Física**

En la siguiente tabla se detalla los valores obtenidos en la caracterización física de las muestras de suelo arenoso y arcilloso.

**TABLA 3-7: Caracterización física de las muestras de suelo.**

PARÁMETRO	SUELO ARENOSO	SUELO ARCILLOSO
Tamaño de partícula	Suelo grueso con tamaño de partículas entre 2,0 a 0,063 mm.	Suelo fino con tamaño de partículas entre 0,063 a 0,002 mm.
Densidad Aparente	$\rho_a = 1,70 \frac{g}{ml}$	$\rho_a = 1,40 \frac{g}{ml}$
Densidad Real	$\rho_r = 4,05 \frac{g}{ml}$	$\rho_r = 2,33 \frac{g}{ml}$
Porosidad	$P = 58 \%$	$P = 40 \%$



## b) Caracterización Química

En la siguiente tabla se detalla el valor del potencial hidrógeno obtenido para las muestras de suelo arenoso y arcilloso.

**TABLA 3-8: Caracterización química de las muestras de suelo.**

PARÁMETRO	SUELO ARENOSO	SUELO ARCILLOSO
pH	7,60	6,00

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

## c) Pre-tratamiento de la muestra

A continuación, se realiza una comparación de los diferentes valores de concentración de TPH obtenidos luego de aplicar los pre - tratamientos propuestos para las muestras de suelo arenoso y arcilloso.

### • Muestra de suelo arenoso

**TABLA 3-9: Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arenoso luego de aplicar pre –tratamientos propuestos.**

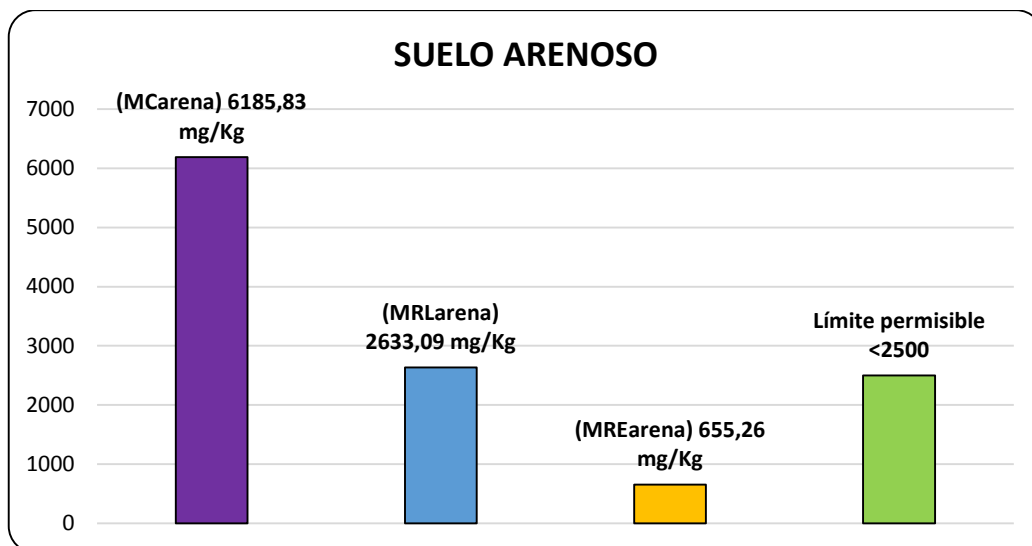
MUESTRA	Concentración inicial (MC <sub>arena</sub> )	Pre-tratamiento con TWEEN 80 (MRL <sub>arena</sub> )	Pre-tratamiento con Solvente orgánico (MRE <sub>arena</sub> )
SUELO ARENOSO	6185,83 mg/Kg	2633,09 mg/Kg	655,26 mg/Kg

(MC<sub>arena</sub>): Muestra de suelo arenoso contaminada con TPH.

(MRL<sub>arena</sub>): Muestra de suelo arenoso remediada por método de lavado de suelo.

(MRE<sub>arena</sub>): Muestra de suelo arenoso remediada por método de extracción con solventes.

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.



**GRÁFICO 3-1:** Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arenoso aplicando pre-tratamientos propuestos.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**Análisis:** Podemos observar que, el pre - tratamiento con el solvente orgánico logra obtener valores de concentración de TPH dentro del límite permisible exigido por el RAHOE (<2500 mg/kg de concentración de TPH para uso agrícola), demostrando ser el pre – tratamiento más efectivo. Sin embargo, el pre – tratamiento con el surfactante TWEEN 80 presenta valores de concentración de TPH cerca del límite establecido. Éstos valores pueden llegar a estar dentro del rango permitido con la aplicación del siguiente tratamiento que es la oxidación química.

- **Muestra de suelo arcilloso**

**TABLA 3-10:** Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arcilloso luego de aplicar pre –tratamientos propuestos.

MUESTRA	Concentración inicial (MCarcilla)	Pre-tratamiento con TWEEN 80 (MRLarcilla)	Pre-tratamiento con Solvente orgánico (MREarcilla)
<b>SUELO ARCILLOSO</b>	38584,58 mg/Kg	17580,18 mg/Kg	6736,86 mg/Kg

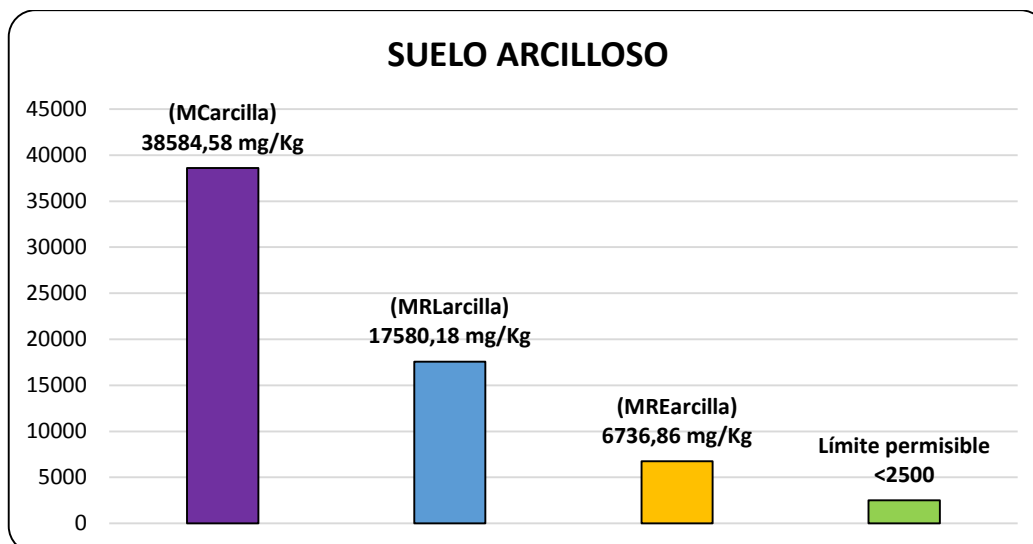
(MCarcilla): Muestra de suelo arcilloso contaminada con TPH.

(MRLarcilla): Muestra de suelo arcilloso remediada por método de lavado de suelo.

(MREarcilla): Muestra de suelo arcilloso remediada por método de extracción con solventes.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**Gráfico:**



**GRÁFICO 3-2:** Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arcilloso aplicando pre-tratamientos propuestos.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**Análisis:** En este caso se observa que, los dos pre – tratamientos aplicados a la muestra de suelo arcilloso presentan valores de concentración de TPH fuera del límite permisible exigido por el RAHOE (<2500 mg/kg de concentración de TPH para uso agrícola), sin embargo el pre - tratamiento con el solvente orgánico también demuestra ser el más efectivo. De igual forma éstos valores pueden llegar a estar dentro del rango permitido con la aplicación del siguiente tratamiento por oxidación química.

#### **d) Tratamiento de la muestra**

Para corregir el parámetro TPH que se encuentra fuera de la normativa ambiental RAHOE, nos enfocamos sólo en el Método de extracción con solventes ya que éste resultó ser el más efectivo durante el pre-tratamiento.

Podemos observar que la muestra de suelo arenoso logra estar dentro del límite permisible exigido por el RAHOE con 655,26 mg/Kg de concentración de TPH aplicando sólo el pre-tratamiento, por lo que ya no será necesario aplicar el tratamiento por oxidación química.

Para la muestra de suelo arcilloso que se encuentra fuera del límite permisible con 6736,86 mg/Kg de concentración de TPH se realizó los siguientes cálculos:

- **Concentración del agente oxidante:**

Tomando en cuenta de que la cantidad estequiometria del agente oxidante debe ser hasta 10 veces superior a la concentración del contaminante, como se describió anteriormente, se realizó los

cálculos de la concentración de hipoclorito de calcio que debe utilizarse para tratar la muestra de suelo arcilloso pre-tratada, de la siguiente manera:

Datos:

$MRE_{\text{arcilla}}$ : 6736,86 ppm (mg/Kg ó mg/L)

$$[Ca(OCl)_2] = \left( 6736,86 \frac{mg}{L} * \frac{1 g}{1000 mg} \right) * 10$$

$$[Ca(OCl)_2] = 67,37 \frac{g}{L}$$

Se tomó una muestra 500 g de suelo arcilloso pre – tratado, y se trató con 400 ml de hipoclorito de calcio, durante una semana con dos dosificaciones cada día, una en la mañana a las 8:00 h y otra en la tarde a las 15:00 h.

**TABLA 3-11: Valor de concentración de TPH obtenido en la muestra de suelo arcilloso luego de aplicar el tratamiento por oxidación química.**

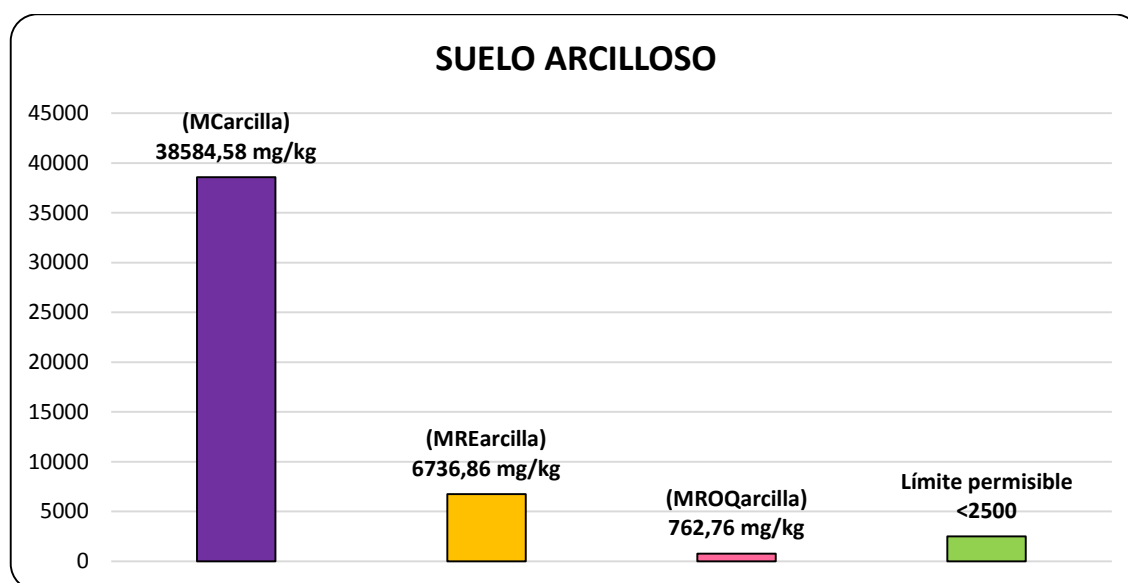
MUESTRA	Pre-tratamiento con Solvente orgánico ( $MRE_{\text{arcilla}}$ )	Tratamiento con Hipoclorito de Calcio ( $MROQ_{\text{arcilla}}$ )
SUELO ARCILLOSO	6736,86 mg/Kg	762,76 mg/Kg

( $MRE_{\text{arcilla}}$ ): Muestra de suelo arcilloso remediada por método de extracción con solventes.

( $MROQ_{\text{arcilla}}$ ): Muestra de suelo arcilloso remediada por método oxidación química.

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### Gráfico:



**GRÁFICO 3-3:** Valores de concentración de TPH en la muestra de suelo arcilloso aplicando tratamiento por oxidación química.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**Análisis:** podemos observar que el tratamiento de oxidación química aplicado a la muestra de suelo arcilloso pre-tratada con solvente orgánico presenta valores de concentración de TPH dentro del límite permisible exigido por el RAHOE (<2500 mg/kg de concentración de TPH para uso agrícola), logrando demostrar ser un procedimiento efectivo y cumpliendo satisfactoriamente con la normativa ambiental.

### 3.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

De igual forma, para esta sección tomaremos en cuenta el método de tratamiento que mejores resultados obtuvo en las pruebas a nivel de laboratorio, en este caso el Método de extracción con solventes es el más efectivo.

#### 3.3.1 Materia prima, insumos y reactivos.

##### 3.3.1.1 Materia prima.

De origen natural o artificial, es aquella que será sometida a una transformación industrial por diferentes operaciones unitarias. La materia prima en este caso es el suelo arenoso – arcilloso contaminado con hidrocarburos, el mismo que recibirá un tratamiento que modifique su naturaleza contaminante y permita obtener un suelo de mejores características para su uso en otras actividades.

##### 3.3.1.2 Reactivos.

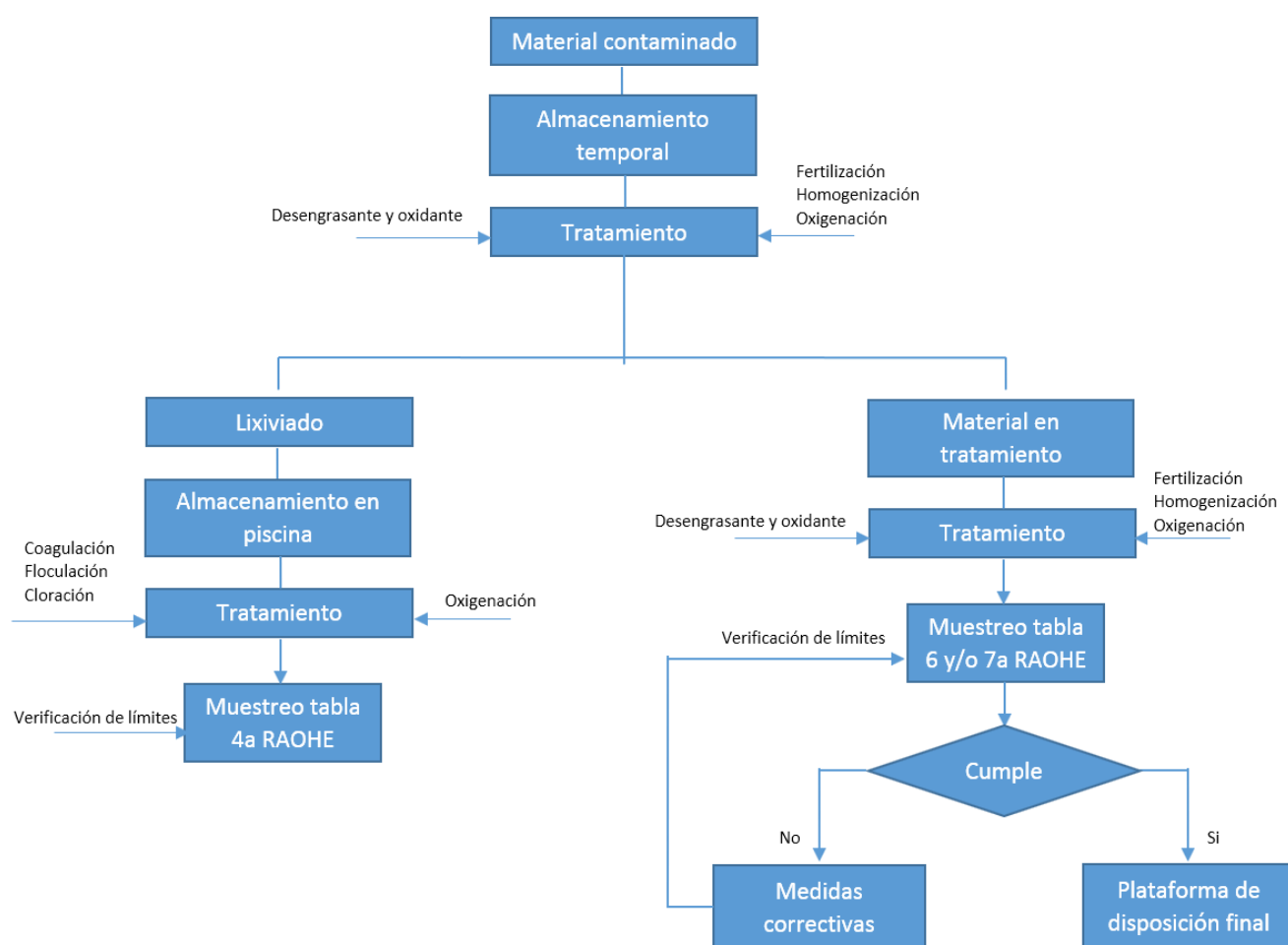
El reactivo es aquel que interactúa con una sustancia generando una reacción química, dando lugar a nuevos productos con características diferentes a las originales. Para este caso, los reactivos son: el solvente orgánico (gasolina blanca), y el hipoclorito de calcio, los mismos que interactúan con el hidrocarburo presente en el suelo arenoso – arcilloso contaminado. El resultado es el suelo con menos carga contaminante.

**TABLA 3-12: Componentes utilizados en el proceso de tratamiento del suelo contaminado.**

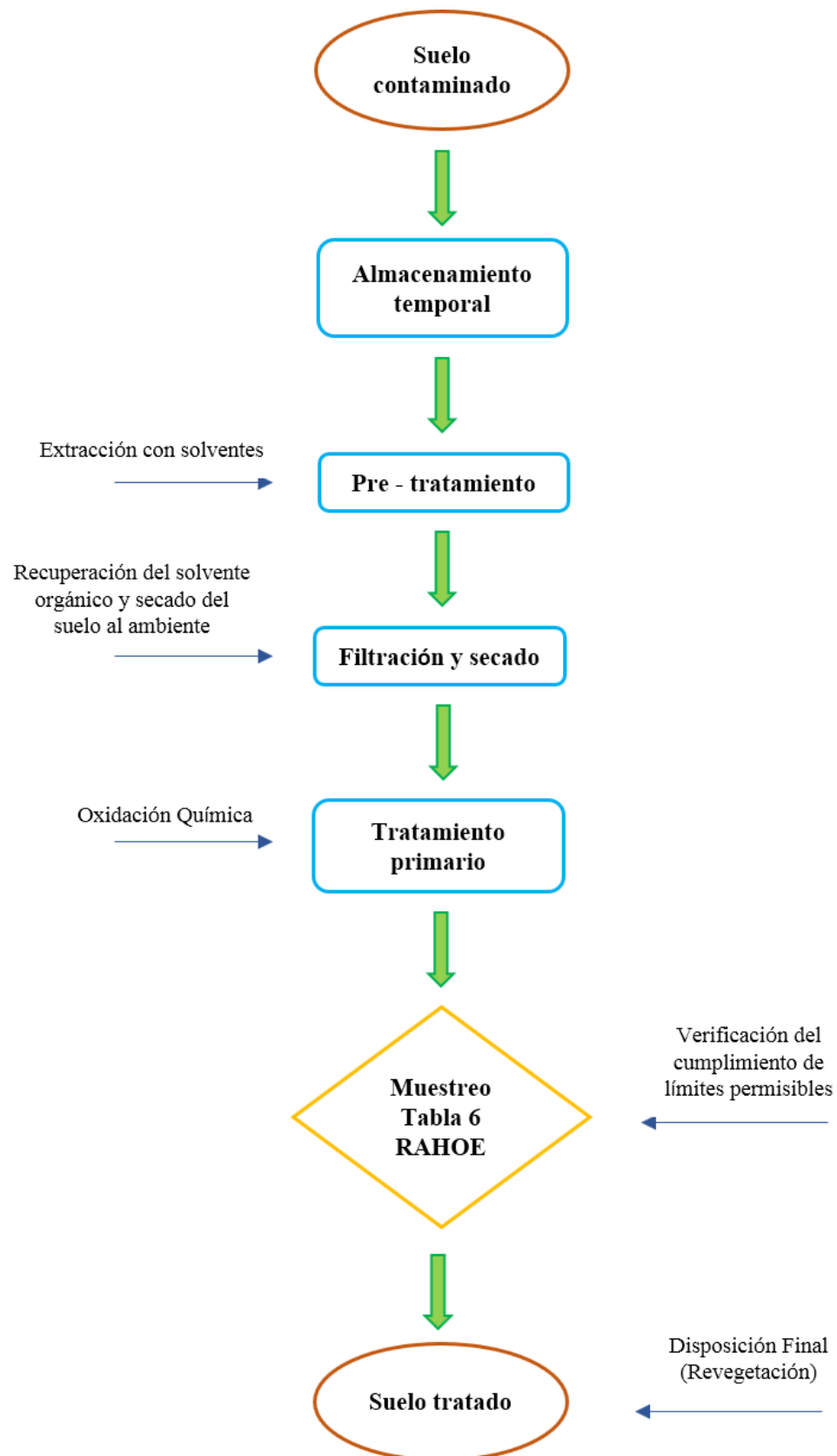
COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
Materia Prima	Suelo arenoso – arcilloso contaminado con hidrocarburos
Insumos	Ninguno
Reactivos	Solvente orgánico Hipoclorito de Calcio

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### 3.3.2 Diagrama actual de la empresa.



### 3.3.3 Diagrama del proceso propuesto.





### 3.3.4 Descripción del Proceso.

Para el tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburos se siguen los siguientes pasos:

- El suelo contaminado con TPH es removido del lugar afectado usando excavadoras y trasladado en volquetas impermeabilizadas hacia las instalaciones del ARCOIL Cía. Ltda., donde se almacena temporalmente en biopilas impermeabilizadas con sus respectivos cubetos con la finalidad de evitar contaminación del medio.
- Con la ayuda de una excavadora, se ubica el material dentro de una piscina de tratamiento. Una vez llena la piscina se añade, por tubería con válvulas controladas el solvente orgánico, con una relación de 1:1,5 entre la cantidad de suelo a tratar y el solvente orgánico; es decir, si la cantidad de suelo contaminado es de 1000 kg (1 tonelada) la cantidad de solvente orgánico será de 1500 litros. Después, por medio de agitadores mecánicos controlados ubicados dentro de la piscina se procede a mezclar los componentes durante 1:30 h aproximadamente con la finalidad de que se produzca el pre - tratamiento.
- Una vez realizado el pre – tratamiento, se espera un lapso de 3 h aproximadamente para permitir que el suelo tratado se separe del solvente orgánico restante por gravedad. Luego se retira el lodo producto de la mezcla mediante tubería con válvulas controladas, descargándolo en un lecho de secado, el mismo que permite secar el suelo al ambiente. El solvente orgánico restante se descarga por tubería hacia un tanque de almacenamiento. Esto evitará desperdiciar el reactivo, recolectándolo para una futura recuperación y recirculación.
- Después se procede a realizar el tratamiento por oxidación química con la adición de hipoclorito de calcio mediante riego y atomización al suelo que todavía se encuentra fuera del límite permisible exigido por el RAHOE. Una vez cumplida esta exigencia el suelo tratado se reincorpora nuevamente a su lugar de origen para usos agrícolas. Al lixiviado producto del tratamiento se procede a realizar una coagulación, floculación y cloración en una piscina de tratamiento de aguas residuales, luego se procede a descargar de tal manera que no exista contaminación del área.
- En el área afectada, después de la evacuación del material contaminado se procede a realizar medidas de remediación previo a verificación de que no existan trazas de contaminante. Una vez finalizada ésta intervención se procede a revegetar con gramíneas.

### 3.4 CÁLCULOS Y RESULTADOS DE INGENIERÍA

A continuación, se detalla los cálculos de diseño de la piscina de tratamiento para el suelo contaminado con hidrocarburos.

#### 3.4.1 Piscina de Tratamiento

Haremos uso de la siguiente ecuación:

$$V = B * L * P_m$$

**Ecuación 3-4**

Donde:

V = Volumen (L)

B = Ancho (m)

L = Longitud (m)

P<sub>m</sub> = Profundidad media (m)

- **Volumen (V)**

Tomaremos como referencia el volumen de suelo que transporta una volqueta pequeña el mismo que es aproximadamente de 8 a 10 m<sup>3</sup>, y la relación 1:1,5 para el tratamiento con el solvente orgánico. Usaremos la ecuación (1) de densidad aparente.

$$\rho_a = \frac{m}{Vol} \left( \frac{kg}{L} \right)$$

- **Suelo Arenoso**

Datos:

ρ<sub>a</sub>: 1,70 Kg/L

Vol: 8m<sup>3</sup>

$$m = \rho_a * Vol$$

$$m = 1,70 \frac{kg}{L} * 8 m^3 * \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$m = 13600 Kg$$

\*La relación masa de suelo – volumen solvente orgánico 1:1,5 es:

$$V_{sol} = 13600 * 1,5$$

$$V_{sol} = 20400 L$$

- **Suelo Arcilloso**

Datos:

$\rho_a$ : 1,40 Kg/L

Vol: 8m<sup>3</sup>

$$m = \rho_a * Vol$$

$$m = 1,40 \frac{kg}{L} * 8 m^3 * \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$m = 11200 Kg$$

\*La relación masa de suelo – volumen solvente orgánico 1:1,5 es:

$$V_{sol} = 11200 * 1,5$$

$$V_{sol} = 16800 L$$

Para el cálculo del volumen de la piscina de tratamiento tomaremos en cuenta sólo el valor del suelo arenoso ya que éste resulta ser más alto que del suelo arcilloso. Entonces, si tenemos un volumen V=8000 l (8 m<sup>3</sup>) de suelo a tratar, la cantidad de solvente orgánico será de V=20400 l, dando un volumen total V = 28400 l. Sin embargo, para el diseño de la piscina se tomará un volumen V = 30000 l para garantizar que se produzca la mezcla correctamente y evitar desbordamientos.

- **Profundidad media (P<sub>m</sub>)**

Para la profundidad media asumiremos la suma de dos valores uno mínimo P<sub>min</sub> = 1,50 m y uno máximo P<sub>max</sub> = 1,80 los mismos que permitirán determinar la profundidad de la piscina, y dividido para dos. También se tendrá en cuenta 0,20 m extras con la finalidad de evitar reboses al momento de realizar el tratamiento y por cuestiones de seguridad. Con esto se obtiene:

$$P_m = \left( \frac{P_{min} + P_{max}}{2} \right)$$

**Ecuación 3-5**

$$P_m = \left( \frac{1,50 \text{ m} + 1,80 \text{ m}}{2} \right)$$

$$P_m = 1,65 \text{ m}$$

- **Ancho (B)**

El tamaño de la piscina se relaciona por las medidas de longitud y ancho, que pueden variar de acuerdo al criterio, lo más conveniente es mantener una relación en donde el ancho sea la mitad del largo en su forma básica independientemente de la forma del perímetro escogido. Para ello se asumirá un valor igual 3 m de ancho.

- **Longitud (L)**

El valor de la longitud lo obtendremos despejando de la ecuación (4) de la siguiente manera:

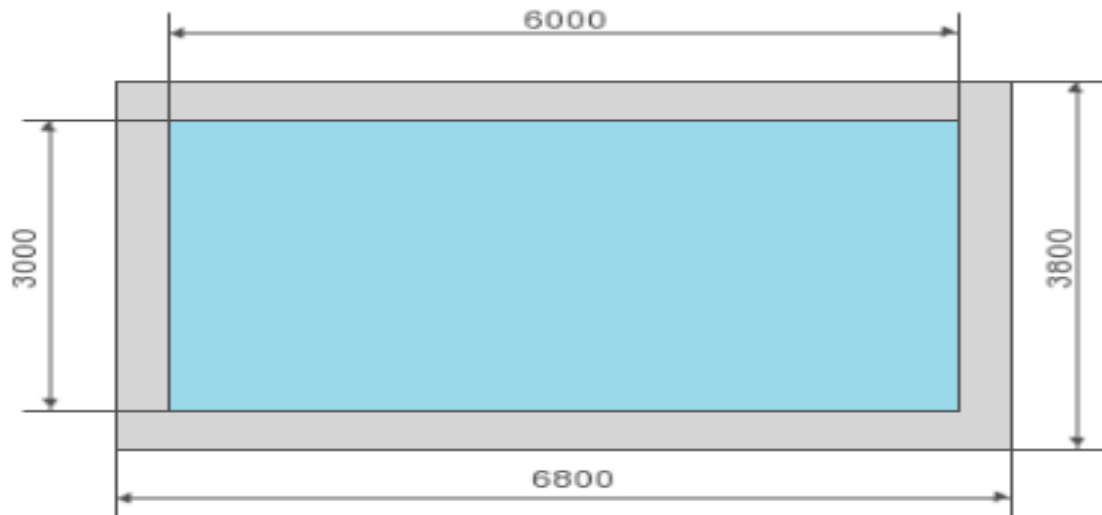
$$V = B * L * P_m$$

$$L = \frac{V}{B * P_m}$$

$$L = \frac{30 \text{ m}^3}{3 \text{ m} * 1,65 \text{ m}}$$

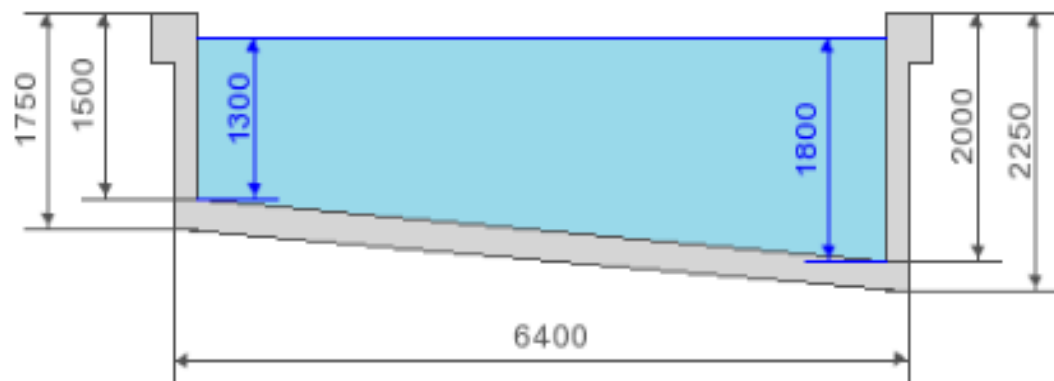
$$L = 6 \text{ m}$$

**\*Dimensiones de la Piscina - Vista superior:**



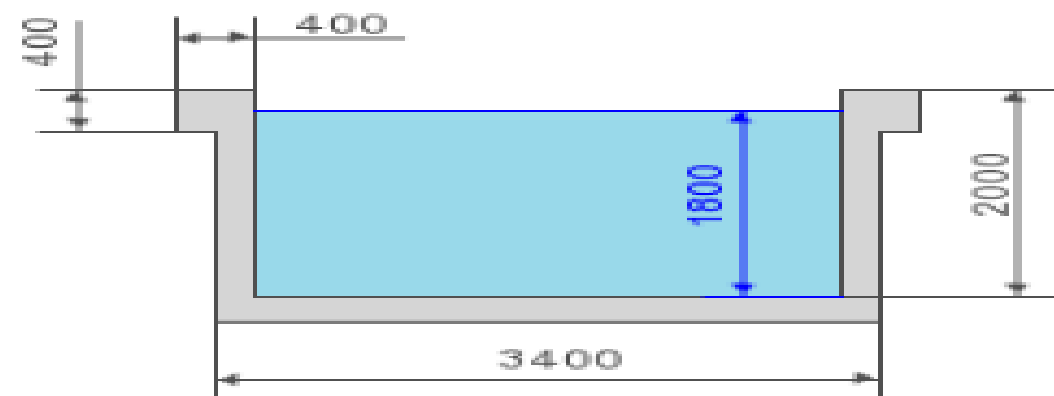
**FIGURA 3-3:** Vista superior de la piscina de tratamiento propuesta.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**\*Dimensiones de la Piscina - vista lateral:**



**FIGURA 3-4:** Vista lateral de la piscina de tratamiento propuesta.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

**\*Dimensiones de la Piscina - Vista frontal:**



**FIGURA 3-5:** Vista frontal de la piscina de tratamiento propuesta.  
**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

Dentro de la piscina de tratamiento deben estar instalados agitadores mecánicos. Éstos permitirán realizar la mezcla homogénea del suelo contaminado con el solvente orgánico garantizando así el pre-tratamiento. Los agitadores mecánicos, y las bombas mecánicas instaladas para el proceso del pre-tratamiento, deben controlarse por un técnico especializado.

### 3.4.2 Lechos de secado

- **Volumen de lodos (Vl)**

$$Vl = \frac{m}{\rho * \left( \frac{\% \text{ sólidos}}{100\%} \right)}$$

#### Ecuación 3-6

El porcentaje de sólidos se refiere a los sólidos que están presentes en el lodo, y que varía entre el 8 y 12%. (VALENCIA, 2013) Para ello se propone el valor del 12%.

#### **\*Suelo Arenoso**

Datos:

m: 13600 Kg

$\rho_a$ : 1,70 Kg/L

$$Vl = \frac{13600 \text{ Kg}}{1,70 \frac{\text{Kg}}{\text{l}} * \left( \frac{12\%}{100\%} \right)}$$

$$Vl = 66666,7 \text{ l}$$

$$Vl = 66,7 \text{ m}^3$$

#### **\*Suelo Arcilloso**

Datos:

m: 11200 Kg

$\rho_a$ : 1,40 Kg/L

$$Vl = \frac{11200 \text{ Kg}}{1,40 \frac{\text{Kg}}{\text{l}} * \left( \frac{12\%}{100\%} \right)}$$

$$Vl = 66666,7 \text{ l}$$

$$Vl = 66,7 \text{ m}^3$$

Dado que los dos suelos presentan el mismo volumen de lodos ya no será necesario realizar los cálculos por separado.

- **Área del lecho de secado (Als)**

$$Als = \frac{Vl}{Ha}$$

**Ecuación 3-7**

Donde:

Ha = Profundidad de aplicación (m)

Para la profundidad de aplicación en el lecho de secado asumiremos un valor de 1 m.

$$Als = \frac{66,7 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$Als = 66,7 \text{ m}^2$$

- **Área individual de los lechos de secado (Als<sub>i</sub>)**

$$Als_i = \frac{Als}{N^\circ \text{ lechos}}$$

**Ecuación 3-8**

Para el área del lecho de secado tomaremos un valor aproximado de 68 m<sup>2</sup> por márgenes de seguridad, y para el número de lechos de secado asumiremos un valor igual a 4.

$$Als_i = \frac{68 \text{ m}^2}{4}$$

$$Als_i = 17 \text{ m}^2$$

- **Longitud del lecho de secado (Ls)**

$$L = \frac{Als_i}{b}$$

Para el ancho del lecho de secado asumiremos un valor de 3 m.

$$L = \frac{17 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L = 5,7 \text{ m}$$

Para la descarga del lodo tratado hacia los lechos de secado se propone el uso de tuberías de 400 mm de diámetro junto con válvulas de retención para poder controlar el flujo de lodo descargado.

### **3.4.3 Tanques de almacenamiento**

Se propone dos tanques estacionarios de almacenamiento de 18 m<sup>3</sup> de capacidad.

-El primer tanque se utilizará para el almacenamiento y distribución del solvente orgánico hacia la piscina de tratamiento. La distribución se realizará por medio de tuberías para combustible líquido de 100 mm de diámetro.

-El segundo tanque se utilizará para la recolección y almacenamiento temporal del solvente orgánico restante luego de haber realizado el tratamiento del suelo contaminado. La recolección se realizará por medio de tuberías para combustible líquido de 200 mm de diámetro.

También se propone el uso de válvulas de retención para controlar el flujo del solvente orgánico.

## **3.5 ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO**

### **3.5.1 Costos de implementación del pre-tratamiento**

La implementación del pre-tratamiento se realizará en un área aproximada de 788 m<sup>2</sup> (0.788 ha) aproximadamente.

**TABLA 3-13: Costos aproximados para la implementación del pre-tratamiento propuesto.**



<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
2	Tanque estacionario de almacenamiento 18 m <sup>3</sup>	3800,00	7600,00
2	Bomba para el Tanque de Combustible	310,00	620,00
3	Tubería de 6 m para combustible líquido (100 mm de diámetro)	50,00	150,00
3	Tubería de 6 m para combustible líquido (200 mm de diámetro)	50,00	150,00
1	Construcción de piscina de pre-tratamiento (área 26 m <sup>2</sup> aprox.)	100,00 c/metro	2600,00
3	Agitador mecánico para la piscina (turbinas)	200,00	600,00
1	Construcción de plataforma de descarga de material (área 14 m <sup>2</sup> aprox.)	150,00 c/metro	2100,00
4	Construcción de lechos de secado (área cada lecho 19 m <sup>2</sup> aprox.)	50,00 c/metro	3800,00
4	Tubería de 6 m para descarga de lodos (400 mm de diámetro)	50,00	150,00
9	Válvula de retención	19,00	171,00
1	Construcción de espacio para control de bombas y agitadores mecánicos (área 6 m <sup>2</sup> aprox.)	200,00 c/metro	1200,00
1	Construcción de espacio para movilización de maquinaria pesada	2000,00	2000,00
1	Construcción Cubierta metálica (área 788 m <sup>2</sup> )	50\$ c/metro	39400,00
<b>TOTAL</b>			<b>60541,00</b>

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### 3.5.2 Cálculo de costos de productos químicos

Los cálculos de costos del método de extracción con solventes se realizaron para 1m<sup>3</sup> de suelo tratado, usando la ecuación (1) de densidad aparente.

$$\rho_a = \frac{m}{Vol} \left( \frac{kg}{L} \right)$$

- **Suelo Arenoso**

*\*Pre-tratamiento:*

Datos:

$\rho_a$ : 1,70 Kg/L

Vol: 1m<sup>3</sup>

$$m = \rho_a * Vol$$

$$m = 1,70 \frac{kg}{L} * 1 m^3 * \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$m = 1700 Kg$$

\*La relación masa de suelo – volumen solvente orgánico es 1:1,5. Entonces:

$$V_{sol} = 1700 * 1,5$$

$$V_{sol} = 2550 L$$

Para 1700 Kg de suelo contaminado equivalente a 1 m<sup>3</sup> se necesitan 2550 L de solvente orgánico. Cada litro cuesta 0,60 ctvs., es decir 1530 \$ por cada metro cúbico de suelo contaminado. Sin embargo, durante el proceso de pre-tratamiento se puede recuperar el 80% de solvente orgánico residual aplicando un método de destilación:

$$\frac{80\% * 1530 \$}{100 \%} = 1224\$$$

Es decir, se puede recuperar 1224\$ por cada metro cúbico de suelo tratado, por lo que la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., necesitaría sólo 306 \$ (20%) por metro cúbico para volver a comprar nuevo solvente orgánico.

- **Suelo Arcilloso:**

*\*Pre-tratamiento:*

Datos:

$\rho_a$ : 1,40 Kg/L

Vol: 1m<sup>3</sup>

$$m = \rho_a * Vol$$

$$m = 1,40 \frac{kg}{L} * 1 m^3 * \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$m = 1400 \text{ Kg}$$

\*La relación masa de suelo – volumen solvente orgánico es 1:1,5. Entonces:

$$V_{sol} = 1400 * 1,5$$

$$V_{sol} = 2100 \text{ L}$$

Para el caso del suelo arcilloso se necesitan 1260\$ por cada metro cúbico de suelo contaminado, y de igual forma se recuperaría el 80% de solvente orgánico equivalente a 1008\$, es decir la empresa se necesitaría sólo 252 \$ (20%) por metro cúbico para volver a comprar nuevo solvente orgánico.

*\*Tratamiento:*

Para poder calcular los costos del tratamiento con hipoclorito de calcio tomaremos en cuenta que a nivel de laboratorio 500 g de suelo arcilloso pre-tratado necesitó 400 ml de hipoclorito de calcio para ser tratado en una semana. Para 1400 kg (1m<sup>3</sup>) sería un volumen de 1120 L de este producto químico.

$$Vol_{Ca(OCl)_2} = \frac{1400 \text{ Kg} * 400 \text{ ml}}{500 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$$

$$Vol_{Ca(OCl)_2} = 1120 \text{ L}$$

Cada kilogramo de hipoclorito de calcio cuesta alrededor de 6,00\$; es decir, en un litro se necesitan 67,37 g de hipoclorito de calcio siendo 0,40 ctvs.:

$$[Ca(OCl)_2] = 67,37 \frac{\text{g}}{\text{L}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} * 6,00 \$$$

$$[Ca(OCl)_2] = 0,40 \frac{\text{ctvs.}}{\text{L}}$$

Para 1120 L se necesitan una inversión de 448 \$. Éste valor, sumado con el dato anterior de 252 \$ por metro cúbico para el solvente orgánico, sería en total 700 \$ que la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., necesitaría para poder tratar el suelo arcilloso.

Hay que contemplar que estos valores de costo para ambos suelos no incluyen mano de obra ni ganancia de la empresa. La información detallada de procesos de construcción, e implementación

de tratamientos es propiedad de la empresa ARCOIL CÍA. LTDA., por lo que no se puede publicar dicho contenido.

**TABLA 3-14: Resumen de costos operativos de productos químicos para ambos suelos.**

Tipo de suelo a tratar	Químico	Precio por litro (\$)	Dosificación para 1 m <sup>3</sup> de suelo (l/m <sup>3</sup> )	Precio por dosificación para 1 m <sup>3</sup>	*Dosificación para 8 m <sup>3</sup> de suelo	Precio por dosificación para 8 m <sup>3</sup>	Recuperación del 80% de químico	Precio del químico recuperado	Precio por compra de nuevo químico
Arenoso	Solvente Orgánico	0,60 ctvs.	2550 L	1530 \$	20400 L	12240 \$	16320 L	9792 \$	2448 \$
Arcilloso	Solvente Orgánico	0,60 ctvs.	2100 L	1260 \$	16800 L	10080 \$	13440 L	8064 \$	2016 \$
	Hipoclorito de calcio	0,40 ctvs.	1120 L	448 \$	8960 L	3584 \$	No se recupera	0 \$	3584 \$
<b>VALOR TOTAL</b>						<b>25904 \$</b>	<b>primera inversión</b>	<b>inversión por tratamiento</b>	<b>8048 \$</b>

\*Equivalente a una volqueta de material a tratar.

**REALIZADO POR:** OBIEDO, M. – 2017.

### **3.6 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

### 3.6.1 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE													
Nº	Etapas	mes	1				2				3		
		semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
1	Organización del anteproyecto	1											
2	Levantamiento de datos												
	Análisis de laboratorio del suelo contaminado												
3	Registro de datos obtenidos y diagnóstico con los parámetros de las normas para verificar la contaminación												
4	Realización de la parte experimental del sistema (cálculos y resultados)												
5	Proceso de elaboración del proyecto técnico.												
6	Presentación y defensa del proyecto técnico												

REALIZADO POR: OBIEDO, M. – 2017.

### 3.7 ANÁLISIS Y RESULTADOS

- La muestra de suelo arenoso contaminado inicialmente presentaba una concentración de TPH igual a 6185,83 mg/Kg, con un pH de 7,60. Al ser sometido al lavado de suelo con el surfactante TWEEN 80 presentó una concentración final de TPH igual a 2633,09 mg/Kg, mientras que con el método de extracción con solventes aplicando gasolina blanca como solvente orgánico, presentó una concentración final de TPH igual a 655,26 mg/Kg. El límite permisible por la normativa ambiental RAHOE debe ser menor de 2500 mg/kg de concentración de TPH para reutilizar el suelo en actividades agrícolas.
- Con estos resultados se demuestra que con ambos métodos se logró disminuir la carga contaminante del suelo, sin embargo, para el método de lavado de suelo es necesario aplicar un tratamiento más para poder bajar la concentración de 2633,09 mg/Kg a menos de 2500 mg/kg. Con el método de extracción con solventes ya no es necesario aplicar otro tratamiento ya que su resultado cumple satisfactoriamente con el límite exigido, demostrando de esta manera ser el método con mayor efectividad para este tipo de suelo. Este proceso de pre-tratamiento para el suelo arenoso tardó 1 Semana.
- La muestra de suelo arcilloso contaminado inicialmente presentaba una concentración de TPH igual a 38584,58 mg/Kg, con un pH de 6,00. De igual manera, al ser sometido al lavado de suelo con el surfactante TWEEN 80 presentó una concentración final de TPH igual a 17580,18 mg/Kg, mientras que con el método de extracción con solventes aplicando gasolina blanca como solvente orgánico, presentó una concentración final de TPH igual a 6736,86 mg/Kg.
- Para este caso, ambos métodos de tratamiento no logran cumplir con el límite permisible exigido por la normativa ambiental RAHOE (<2500 mg/kg de concentración de TPH para uso agrícola), por lo que es necesario aplicar un siguiente tratamiento.
- Debido a que el método de lavado de suelo presenta valores de concentración de TPH muy altos al que presenta el método de extracción con solventes, descartamos éste primer método para poder proseguir con el tratamiento primario aplicándolo solamente a la muestra de suelo arcilloso pre-tratado con mejores resultados.
- La muestra de suelo arcilloso pre-tratada, ahora con concentración inicial de TPH igual a 6736,86 mg/Kg, se sometió nuevamente a un tratamiento con el método de oxidación química aplicando hipoclorito de calcio, dando como resultado una concentración final de TPH igual a 762,76 mg/Kg. De esta manera se logra cumplir satisfactoriamente con los valores exigidos



por la normativa ambiental RAHOE. Este proceso de pre-tratamiento y tratamiento para el suelo arcilloso tardó 4 Semanas.

- La Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., remueve y traslada el suelo contaminado con hidrocarburos proveniente de pasivos ambientales, lo ubica en biopilas impermeabilizadas y procede a la adición de productos químicos biodegradables (desengrasante, hipoclorito de sodio - oxidante) con una concentración 1:20, y mezcla el suelo con material esponjante para incentivar a su fertilización, homogenización y oxigenación. El tiempo de tratamiento del suelo varía alrededor de 12 semanas para el suelo arenoso y 16 semanas para el suelo arcilloso.
- El lixiviado producto del tratamiento del material contaminado primero se descarga en lagunas en donde se somete a un proceso físico-químico (tratamiento por coagulación, floculación y cloración), y monitoreo de cumplimiento, antes de descargarse al sistema de alcantarillado y/o cuerpos de agua existentes en la zona.
- Se propone que el pre-tratamiento en campo del suelo contaminado se realice en una piscina de tratamiento. En ésta, el material contaminado ingresa por volquetas hacia una plataforma que permita su descarga, de ahí por medio de retroexcavadoras se deposita el material dentro de la piscina. La piscina cuenta con agitadores mecánicos ubicados en su parte interna. Una vez que ingresa el material a la piscina, los agitadores se encienden para ayudar a aflojar el suelo y permanecen encendidos hasta completar el pre-tratamiento.
- Luego de depositar todo el suelo contaminado dentro de la piscina, es necesario que la maquinaria pesada se aleje del lugar de tratamiento por motivos de seguridad, ya que el suelo al ser tratado con un solvente orgánico (gasolina blanca) puede llegar a tener algún riesgo de incendio y/o explosiones dentro del área provocados por alguna chispa de la maquinaria pesada.
- Una vez realizada la actividad anterior, se procede a llenar la piscina con el solvente orgánico manteniendo el control del flujo por bombas y válvulas, y acorde con la cantidad de líquido necesario para tratar cierta cantidad de suelo según cálculos realizados previamente.
- Los agitadores mecánicos mezclan homogéneamente el suelo contaminado y el solvente orgánico por 1 hora y media aproximadamente, luego se apagan para permitir la separación entre el solvente orgánico y el suelo por gravedad, por alrededor de 3 horas aproximadamente.
- Después de este lapso de tiempo, se descarga el lodo tratado hacia unos lechos de secado controlando su flujo por válvulas, para que pueda secarse al ambiente. Por otro lado, el

solvente orgánico residual de la piscina se descarga en un tanque de almacenamiento temporal para evitar desperdiciarlo. Éste solvente se someterá a un tratamiento de recuperación por destilación para luego poder ser reutilizado otra vez en este proceso de pre-tratamiento.

- Luego de haberse secado el suelo pre-tratado, nuevamente se remueve y traslada con maquinaria pesada hacia el área de tratamiento en donde la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., realiza la oxidación química, sólo que en este caso éste procedimiento se realizará con hipoclorito de calcio como agente oxidante.
- El resto del tratamiento y la disposición final del suelo se realizará tal y como la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA., procede actualmente, como se describió en párrafos anteriores.

### 3.7.1 Eficiencia de depuración del tratamiento propuesto.

La eficiencia de depuración determina el porcentaje de rendimiento del proceso de tratamiento propuesto. (VALENCIA, 2013)

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{S_o - S_i}{S_o} * 100 \%$$

**Ecuación 3-10**

Donde:

So: Concentración inicial

Si: Concentración final

#### 3.7.1.1 Rendimiento del tratamiento para el suelo arenoso.

$$E = \frac{6185,83 \frac{mg}{Kg} - 655,26 \frac{mg}{Kg}}{6185,83 \frac{mg}{Kg}} * 100 \%$$

$$E = 89,4 \%$$

#### 3.7.1.2 Rendimiento del tratamiento para el suelo arcilloso.

$$E = \frac{38584,58 \frac{mg}{Kg} - 762,76 \frac{mg}{Kg}}{38584,58 \frac{mg}{Kg}} * 100 \%$$

$$\mathbf{\textit{E}} = \mathbf{98\ \%}$$

## CONCLUSIONES

- Los productos utilizados por la empresa ARCOIL CIA. LTDA., para la remediación de suelos, son biodegradables, su aplicación es puntual, controlada y en bajas concentraciones, evitando sobresaturar el suelo.
- ARCOIL CIA. LTDA., actualmente cuenta con un área de 5000 m<sup>2</sup> aproximadamente en donde se produce el tratamiento por oxidación química. Tiene disponible maquinaria pesada para el traslado y remoción de material, plataformas impermeabilizadas de 2500 m<sup>2</sup>, y piscinas de tratamiento para las aguas residuales contaminadas.
- Las muestras de suelo contaminado antes del tratamiento, presentan valores de TPH fuera del límite permisible por la normativa ambiental RAOHE, Tabla 6, Anexo II; siendo 6185,83 mg/Kg en el suelo arenoso y 38584,58 mg/Kg en el suelo arcilloso.
- En el tratamiento a nivel de laboratorio de la muestra de suelo arenoso contaminado con hidrocarburos, el pre-tratamiento con TWEEN 80 presentó una concentración final de TPH igual a 2633,09 mg/Kg, y el pre-tratamiento con el solvente orgánico presentó una concentración final de TPH igual a 655,26 mg/Kg.
- Con la aplicación del pre-tratamiento con el solvente orgánico, la muestra de suelo arenoso logra cumplir los límites permisibles exigidos por la normativa ambiental RAHOE, demostrando ser el método de extracción con solventes el más efectivo para este tipo de suelo.
- En el tratamiento de la muestra de suelo arcilloso contaminado con hidrocarburos a nivel de laboratorio, el pre-tratamiento con TWEEN 80 presentó una concentración final de TPH igual a 17580,18 mg/Kg, y el pre-tratamiento con el solvente orgánico presentó una concentración final de TPH igual a 6736,86 mg/Kg.
- La muestra de suelo arcilloso no logra cumplir el límite permisible exigido por la normativa, por lo que se realizó tratamiento de oxidación química con hipoclorito de calcio a la muestra de suelo pre-tratada con mejores resultados.
- Se monitoreó el suelo arcilloso en tratamiento cada semana demostrando que la concentración del TPH quedó dentro del límite la primera semana de aplicación del hipoclorito de calcio. El resultado final de concentración de la muestra de suelo arcilloso es de 762,76 mg/Kg.
- La eficiencia de depuración del pre-tratamiento y tratamiento propuesto es del 89,4% para el suelo arenoso, y 98% para el suelo arcilloso.

- El rediseño del sistema de tratamiento del suelo contaminado contempla un pre-tratamiento adicional con filtración y secado del suelo tratado y el tratamiento actual de la empresa modificado.
- El pre-tratamiento mezcla homogéneamente el solvente orgánico con el suelo contaminado mediante el uso de agitadores mecánicos.
- Según los planos realizados el pre-tratamiento propuesto tiene un área total de 788 m<sup>2</sup> (0.788 ha) aproximadamente, y está compuesto por: 2 tanques estacionarios de almacenamiento de 18 m<sup>3</sup>, una piscina de pre-tratamiento de suelo, una plataforma para descarga de material contaminado, 4 lechos de secado, un cuarto de control de bombas y agitadores mecánicos, y espacio para movilización de maquinaria pesada. Toda el área del pre-tratamiento cuenta con una cubierta metálica.
- El tratamiento por oxidación química conserva sus procedimientos impuestos por la empresa, modificando sólo el agente oxidante. Este método propuesto resulta ser más eficaz ya que el tiempo de tratamiento se reduce de 12 semanas a 3-4 semanas aproximadamente, dependiendo del grado de contaminación del suelo a tratar.
- El costo de implementación del pre-tratamiento para un área aproximada de 788 m<sup>2</sup> (0.788 ha) varía entre 60541,00 \$ aproximadamente.
- El costo actual de tratamiento de la Empresa ARCOIL CÍA. LTDA es de 900\$ para el suelo arenoso, y 1200\$ para el suelo arcilloso, sin contar con mano de obra, productos químicos y ganancia.
- El costo del pre-tratamiento propuesto para el suelo arenoso es de 306 \$ por metro cúbico, incluyendo recuperación de solvente orgánico. Mientras que el costo del pre-tratamiento y tratamiento propuesto para el suelo arcilloso es de 700 \$ por metro cúbico, incluyendo recuperación de solvente orgánico. De igual forma estos valores no incluyen mano de obra ni ganancia de la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento se impermeabilice con geomembranas el terreno en donde se desea construir las unidades de tratamiento, con la finalidad de evitar contaminaciones subterráneas futuras.
- El solvente orgánico puede recuperarse aplicando un método de destilación, esto ayudará a su futura reutilización.
- Antes de hacer el tratamiento del suelo contaminado, se recomienda realizar pruebas a nivel de laboratorio para saber la concentración inicial del contaminante, y con esto poder determinar la cantidad exacta de solvente orgánico y agente oxidante que se debe utilizar.

## BIBLIOGRAFÍA

- **ADAMS, R. et.al.** *Relación de respuesta de organismos en el suelo con hidrocarburos altamente degradados y cambios en los parámetros de fertilidad*. San Antonio – Texas. Proceedings of the International Environmental Petroleum Consortium. 2006.
- **ALONSO, P.** *Evaluación de riesgos en suelos afectados por hidrocarburos de petróleo*. Santander – Colombia. Universidad de Cantabria, Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular. 2014.
- **ALONSO, R.** *Proyecto de Recuperación de Suelos contaminados por Hidrocarburos*. (Tesis). (Ingeniería Técnica Industrial Especialidad Química Industrial). Universidad Autónoma de Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingeniera. Cerdanyola del Vallés – Barcelona. 2012, pp. 10, 11 – 15, 21, 23, 24.
- **AMAZONAS.** *Suelo Amazónico, Flor - Amazonas, Prioridad medioambiental: Proteger su biodiversidad*. [blog]. Valencia – España, s.e., 2011. [Consulta: 08 de abril 2017] Disponible en: <http://flor-amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amaznico.html>
- **ARBOLEDA, V. B.** *Biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de la Central Hidroeléctrica del campamento SECOYA mediante Landfarming*. (Tesis). (Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias Químicas . Riobamba – Ecuador. 2008, pp. 24, 25.
- **ATSDR.** *Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)*. [en línea]. EE.UU, Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades “ATSDR”, Departamento de Salud y Servicios Humanos. 2016, pp. 8. [Consulta: 15 mayo 2017] Disponible en: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq121.pdf>
- **AUMALA, V.** *La Tierra sangra desde hace cuatro décadas en el Ecuador*. [en línea]. Quito – Ecuador, GKill City, 29 de septiembre de 2014. [Consulta: 20 de abril 2017] Disponible en: <http://gkillcity.com/articulos/el-mirador-politico/la-tierra-sangra-hace-cuatro-decadas-el-ecuador>
- **BENAVIDES, L. et. al.** “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo”. *NOVA – Publicación Científica*, [en línea], 2006, (España) 4 (5), 1-

116, pp. 82-89. [Consulta: 19 de mayo 2017]. ISSN 1794-2370. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/411/41140509.pdf>

- **BLOGICARS.** *Gasolina Blanca: Usos y características de la Bencina derivada del Petróleo*. [en línea]. s.l., ARLECO PRODUCCIONES – BLOGICARS, 2017. [Consulta: 15 de abril 2017] Disponible en: <http://www.blogicars.com/2011/01/gasolina-blanca-bencina-derivada-del-petroleo/>
- **CALVACHE, M.** *Los Suelos del Ecuador*. [blog]. Quito – Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2017. [Consulta: 20 de marzo 2017]. Disponible en: [http://www.academia.edu/9324382/LOS\\_SUELOS\\_DEL\\_ECUADOR](http://www.academia.edu/9324382/LOS_SUELOS_DEL_ECUADOR)
- **CROSARA, A.** *El Suelo y los Problemas Ambientales*. [en línea]. s.n.t., pp. 5-6. [Consulta: 12 de marzo 2017] Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>
- **CUVI, N.** “Los halos de inhibición en la remediación de suelos amazónicos contaminados con petróleo”. *Revista História, Ciências, Saúde-Manguinhos - Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales "FLASCO"*. [en línea] 2015, (Ecuador), pp. 8 – 10. [Consulta: 03 de mayo 2017] Disponible en: <https://www.flasco.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/0hrtorm1amhl8qb2urntj0aa9quvcl.pdf>
- **DE LA GARZA, F. et. al.** “Actividad biótica del suelo y la contaminación por hidrocarburos”. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* [en línea], 2008, (España) 4 (2), 49-54, pp. 49-53. [Consulta: 14 de marzo 2017] Disponible en: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v4-n2-1-actividad-biotica-del-suelo-y-la-contaminacion.pdf>
- **ECUADATOS.** *Información ARCOIL CIA. LTDA*. [blog]. Ecuador., s.e., 2016. [Consulta: 03 de abril 2017] Disponible en: <https://ecuadatos.com/arcoil-cia-ltda/>
- **ECUADOR. MINISTERIO DE AMBIENTE** *Prestadores de Servicio (Gestores) para el manejo de materiales peligrosos (Sustancias Peligrosas y/o Desechos Peligrosos)*. [en línea]. Quito – Ecuador, Ministerio de Ambiente Ecuador, 2016, pp. 2. [Consulta: 14 de abril 2017]. Disponible en:



<http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/06/Base-Datos-Gestores.pdf>

- **ECUADOR. MINISTERIO DE AMBIENTE.** *Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador - "RAOHE", Capítulo XII: Límites Permisibles, Anexo II - Tabla 6.* Quito – Ecuador, s.e., 2001, pp. 27, 65.
- **ECUADOR. MINISTERIO DE AMBIENTE.** *Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente - "TULSMA", Libro VI: Anexo #2: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.* Quito - Ecuador, s.e., 2003, pp. 2, 359,360.
- **ECUAMBIENTE.** *Derrames, Remediación y Manejo de Desechos.* [en línea]. Quito – Ecuador, ECUAMBIENTE Consulting Group, 2010. [Consulta 10 de abril 2017]. Disponible en:  
[http://www.ecuambiente.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=119&Itemid=241](http://www.ecuambiente.com/index.php?option=com_content&view=article&id=119&Itemid=241)
- **ECUADOR. EL UNIVERSO.** *En Ecuador hay un derrame petrolero por semana.* [en línea]. Guayaquil – Ecuador, Sección de Economía - Diario El Universo, 14 de 06 de 2013. [Consulta: 23 de mayo 2017]. Disponible en:  
<http://www.eluniverso.com/noticias/2014/06/11/nota/1026781/ecuador-hay-derrame-petrolero-semana>
- **ORGANIZACIÓN PARA LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE EPA.** *Guía del ciudadano: El Lavado del Suelo.* [en línea]. EE.UU, Organismo para la protección del Medio Ambiente - "EPA", 1996, 4p. [Consulta 03 de mayo 2017]. Disponible en: <https://clu-in.org/download/remed/spansowa.pdf>
- **ORGANIZACIÓN PARA LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE EPA.** *Guía del ciudadano: La Extracción con Solventes.* [en línea]. EE.UU, Organismo para la protección del Medio Ambiente - "EPA", 1996, pp. 1-3 [Consulta: 03 de mayo 2017]. Disponible en: <https://clu-in.org/download/remed/spansolv.>

- **ESTRUCPLAN.** *Toxicología - Sustancias: Hipoclorito de Sodio y de Calcio.* [blog]. s.l., Estrucplan On Line - Salud, seguridad y medio ambiente en la industria, s.f. [Consulta: 30 de mayo 2017]. Disponible en:  
<https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=1252>
- **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA FAO.** *Guía para la descripción de Suelos,* [en línea]. 4ta Edición. Roma – Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – “FAO”, 2009, pp. 26-29, 31. [Consulta: 04 de abril 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA FAO.** *Portal de Suelos de la FAO.* [en línea]. s.l, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - "FAO", 2017. [Consulta: 14 de abril 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- **FAUST, D.** *Desastres ecológicos: los derrames de petróleo y el medio ambiente.* New York – EE.UU, The Rosen Group, 2009.
- **FERNÁNDEZ, R.** *Principales obligaciones medioambientales para la pequeña y mediana empresa.* Madrid – España, Club Universitario, 2006.
- **FLORES, L.** *Manual de Procedimiento Analíticos - Laboratorio de Física de Suelos.* [en línea]. México D.F. - México, Departamento de Edafología - Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. [Consulta: 11 de mayo 2017]. Disponible en:  
<http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>
- **GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL SAN SEBASTIAN DEL COCA.** *Datos Generales: Parroquia San Sebastián del Coca.* [en línea] Francisco de Orellana – Ecuador, Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Sebastián del Coca, 2017. [Consulta: 28 de mayo 2017]. Disponible en:  
<https://www.sansebastiandelcoca.gob.ec/index.php/la-parroquia1/datos-generales>

- **GARCÍA, R.** *Principales obligaciones medioambientales para la pequeña y mediana empresa*. Madrid – España, Editorial Club Universitario, 2006.
- **GEO ECUADOR.** *Capítulo 4: Estado del Suelo*. [en línea]. Quito – Ecuador, Informe sobre el estado del Medio Ambiente – Quito, 2008, pp. 8. [Consulta: 10 de abril 2017]. Disponible en: <http://app.ute.edu.ec/content/3248-299-20-1-6-1/06.%20Cap%C3%ADtulo%204.%20Estado%20del%20suelo.pdf>
- **INSITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI IGAC.** *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de La Guajira*. La Guajira – Colombia, Editorial Imprenta Nacional de Colombia, 2009.
- **INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO AMBIENTE Y SALUD ISTAS.** *Riesgo Químico: Efectos sobre la salud y el medio ambiente*. [en línea]. España, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud – “ISTAS”, 2010. [Consulta: 27 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=3461>
- **MACKENZIE, D. M.** *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 1ra Edición. s.l., Editorial MacGraw-Hill, 2005, pp. 77.
- **MILIARIUM.** *Autodepuración del suelo*. [en línea]. s.l., Ingeniería Civil y Medio Ambiente – “MILIARIUM”, 2004. [Consulta: 15 de abril 2017]. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/Manuales/Autodepuracionsuelo.s.asp>
- **MOSQUERA, S.** *Evaluación de procesos no convencionales de remediación de relaves sulfurados de minería contaminados con cobre, zinc y plomo*. (Tesis). (Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria). Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. 2014, pp. 43-46.
- **ORTEGA, L.** *Curso de Edafología: El Suelo*. [en línea]. Cuenca – España, Instituto de Educación Secundaria Santiago de Grislá, 2012, pp. 3-5. [Consulta: 13 de abril 2017]. Disponible en: [http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept\\_biologia/archivos\\_texto/ctma\\_t10\\_suelo.pdf](http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t10_suelo.pdf)

- **ORTIZ, I. et.al.** *Informe de Vigilancia Tecnológica: Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados*. [en línea]. Madrid - España, Universidad de Alcalá - Dirección General de Universidades e Investigación, 2007, pp.32. [Consulta: 02 de mayo 2017]. Disponible en: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf)
- **PEDOLOGÍA.** *Tipos de Suelo en Venezuela*. [blog]. Venezuela, Aprendiendo Pedología, 2011. [Consulta: 13 de abril 2017]. Disponible en: <https://aprendiendopedologia.wordpress.com/tag/inceptisoles/>
- **PÉREZ, J.** *Producción Diaria de Petróleo y Gas Natural Neto de Campo a Nivel Nacional*. [blog]. Ecuador, Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífico – Ecuador, 2016. [Consulta: 15 de abril 2017]. Disponible en: <http://www.arch.gob.ec/archivos/pdf/reporte-diario-de-produccion.pdf>
- **PLATEA.** *Clasificación de los Suelos*. [bolg]. Madrid – España, Seminario Permanente de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 27 de agosto de 2004. [Consulta: 12 abril 2017]. Disponible en: <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm>
- **RIOJAS, H. et. al.** *Aplicación de Tween 80 y D-Limoneno en la Biorremediación de Suelo contaminado con hidrocarburos*. [blog]. México, Instituto Tecnológico de Sonora - Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, 2011, pp. 571, 578. [Consulta: 24 de mayo 2017]. Disponible en: [http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/71072011\\_APLICACION\\_TWEEN\\_80\\_D\\_LIMONENO\\_BIORREMEDIACION.pdf](http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/71072011_APLICACION_TWEEN_80_D_LIMONENO_BIORREMEDIACION.pdf)
- **RIOJAS, H. et. al.** “Influencia de los Surfactantes en la Remediación de Suelos contaminados con Hidrocarburos”. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, [en línea], 2011, (Colombia) 7(1), 94-115, pp. 1-2. [Consulta: 06 de mayo 2017]. ISSN 1900-4699. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/web/revistas/revista-vol.-7-no.1>
- **RIOJAS, H., et. al.** “Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos”. *Revista Química Viva*, [en línea], 2010, (Argentina) 9(3). [Consulta: 08 de mayo 2017]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v9n3/riojas.html>

- **SANTACRUZ, L.** *Historia de la explotación petrolera de la Amazonia*. [blog]. Ecuador, Nuanantu, 2012. [Consulta 02 de abril 2017]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/nuanantu/historia-de-la-explotacin-petrolera-en-el-ecuador-y-sus-impactos-ambientales-y-sociales>
- **SMART-FERTILIZER.** *Químicos de cloro utilizados para la desinfección del agua*. [blog]. s.l., Programa para Fertilización de Cultivos - SMART-FERTILIZER MANAGEMENT, 2017. [Consulta: 23 de mayo 2017]. Disponible en: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/chlorine>
- **SUPERFUND.** *Tecnologías de restauracion ambiental*. [blog]. Arizona – EE UU., Toxicología Ambiental - The University of Arizona, 2004. [Consulta: 29 de abril 2017]. Disponible en: <http://toxamb.pharmacy.arizona.edu/c4-3.html>
- **TOLEDO, B.** *Aplicación de Procesos Biológicos como medida de remediación para recuperar Suelos Limo – Arcillosos contaminados con gasolina*. (Tesis). (Ingeniería Civil - Facultad de Ciencias de la Tierra). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. 2009, pp. 5-10, 14, 15, 32-35, 75-86.
- **TREJO, J.** *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*, Mexico - D.F., Jiménez Editores e Impresores, S.A. de C.V., 2002.
- **VALENCIA, A.** *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo*. (Tesis). (Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. 2013, pp. 82 – 102.
- **VAZQUEZ.** *Metodología experimental*. [en línea]. s.n.t., pp. 32 – 62. [Consulta: 22 de mayo 2017]. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/vazquez\\_b\\_b/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_b_b/capitulo5.pdf)
- **VILLALBA, N.** *Remediación de Suelos contaminados con Fenantreno por Oxidación Química*. (Tesis). (Máster en Fisicoquímica con énfasis en Fisicoquímica Ambiental - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo – Paraguay. 2013, pp. 19, 20.

- **VOLKE, T. V.** *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. México, s.e., 2002, pp. 10, 11, 27, 28 a 31, 41, 42, 43.
- **VOLKE, T. V.** *Biodegradación de Hidrocarburos del Petróleo en Suelos intemperizados mediante composteo*. [en línea]. México, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental "CENICA" - Dirección de Investigación en Residuos y Proyectos Regionales, 2003, pp. 8, 11, 12, 14, 15. [Consulta: 15 de abril 2017]. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/composteo2003>

## ANEXOS

### ANEXO A

#### LÍMITES PERMISIBLES DE LOS PARÁMETROS EXIGIDOS EN LA TABLA #6 DEL RAOHE.

Tabla 6: Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.

Parámetro	Expresado en	Unidad <sup>1)</sup>	Uso agrícola <sup>2)</sup>	Uso industrial <sup>3)</sup>	Ecosistemas sensibles <sup>4)</sup>
Hidrocarburos totales	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/kg	<2	<5	<1
Cadmio	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
Níquel	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
Plomo	Pb	mg/kg	<100	<500	<80

<sup>1)</sup> Expresado en base de sustancia seca (gravimétrico; 105°C, 24 horas).

<sup>2)</sup> Valores límites permisibles enfocados en la protección de suelos y cultivos.

<sup>3)</sup> Valores límites permisibles para sitios de uso industrial (construcciones, etc.).

<sup>4)</sup> Valores límites permisibles para la protección de ecosistemas sensibles tales como

Patrimonio Nacional de Areas Naturales y otros identificados en el correspondiente Estudio Ambiental.

## ANEXO B

### EJEMPLO DE INFORME DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA ARCOIL CÍA. LTDA.



#### INFORME DE TRATAMIENTO

#### INFORME DE TRATAMIENTO EX SITU DEL SUELO CONTAMINADO CON CRUDO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MDC 03 – MDC CPF

##### 1 Introducción

ARCOIL presta su servicio de atención a contingencias a ENAP SIPEC, razón por la cual el 22 de diciembre de 2015 ocurrió el derrame suscitado por pitting en la línea de producción MDC 03- MDC CPF.

Luego de la atención a la contingencia se continuó con las actividades de limpieza y remediación, con el objeto de eliminar la fuente de contaminación y evitar una mayor afectación al ambiente.

El tratamiento se lo está realizando IN-SITU (Locación MDC-03) y EX-SITU (Instalaciones SSEL-ARCOIL).

##### 2 Objetivo

Dar a conocer el tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburo que se realiza para la Empresa ENAP SIPEC en las instalaciones del SSEL-ARCOIL.

##### 3 Actividades ejecutadas durante el tratamiento Ex situ

El proceso desarrollado busca como meta principal retirar el suelo contaminado evidente con alta concentración de hidrocarburos, el cual es transportado para su tratamiento en las instalaciones del SSEL-ARCOIL, con la finalidad de cumplir con los límites permisibles de los parámetros exigidos en el RAOHE.

A continuación se describen las actividades que al momento se están ejecutando en el tratamiento del suelo contaminado por el derrame:

- Adecuación de plataforma impermeabilizada para recepción del suelo contaminado con alta concentración de hidrocarburo en las instalaciones del SSEL-ARCOIL.
- Retiro del suelo contaminado que contenía alta concentración de hidrocarburo, mismo que fue transportado a las instalaciones del SSEL-ARCOIL con la utilización maquinaria pesada, personal con herramientas manuales y volquetas.
- Al suelo contaminado se procede con la aplicación de desengrasante y oxidante (concentración 1:20) cuya función es desprender el petróleo del suelo y provocar la ruptura de las cadenas de hidrocarburo, reduciendo la contaminación del suelo en tratamiento. Los productos utilizados para la remediación son biodegradables, su aplicación es puntual, controlada y en bajas concentraciones, evitando sobresaturar el suelo en tratamiento. Una vez aplicados los productos químicos se procede a la homogenización continua para incrementar la eficiencia de los productos; esta es una actividad muy importante, dado que evita que la contaminación se mantenga puntual.
- La excavadora realizará un barrido por toda el área afectada hasta concluir la remoción de todo el suelo contaminado.
- Como paso final se colocará un producto encapsulante y mejorador de suelo cuya capacidad de intercambio iónico de sus componentes facilitará la recuperación del sitio afectado. El poder quelante del producto permite atrapar grandes cantidades de iones de metales pesados y transformarlos a formas biológicamente inactivas e insolubles. Además se constituye en una fuente de micronutrientes y materia orgánica, necesarios para el desarrollo de microorganismos y plantas.



#### INFORME DE TRATAMIENTO

##### 4 Observaciones

El volumen de suelo contaminado resultado del derrame producido en MDC 03 que ha sido ingresado en las instalaciones del SSEL-ARCOIL para su tratamiento y disposición final desde el 22/12/2015 hasta 04/01/2016 es de 611.56 m<sup>3</sup>.

El 70% del suelo resultante del derrame en MDC 03 que se encuentra en las instalaciones ha finalizado el tratamiento descrito, mismo que cuenta con características físicas de cumplimiento para proceder al monitoreo previo a disposición final.



RESPONSABLE DE ARCOIL CÍA. LTDA.



**ANEXO C**

**EJEMPLO DE MEMORIA FOTOGRÁFICA DE TRATAMIENTO DE LA**

**EMPRESA ARCOIL CÍA. LTDA.**

	<b>MEMORIA FOTOGRÁFICA</b>	SOLUCIONES AMBIENTALES Versión: 01 Fecha: 01/05/2015
---	----------------------------	--

<b>FECHA:</b>	04/01/2016	<b>TEMA:</b>	INFORME DE TRATAMIENTO EX SITU DEL SUELO CONTAMINADO CON CRUDO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN MDC 03 – MDC CPF
---------------	------------	--------------	---

	
Homogeneización	Retiro de vegetal contaminado
	
Aplicación de productos(Desengrasante)	Aplicación de productos(oxidante)
	
Homogeneización y aplicación de productos	Paso final de tratamiento (Encapsulante)

## ANEXO D

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LA GASOLINA BLANCA.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD  
PRODUCTOS QUÍMICOS  
**GASOLINA BLANCA**  
EDICIÓN 02.08.2004



#### SECCIÓN 1 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto	GASOLINA BLANCA.
Código E.R.A.	NÓ APLICABLE.
Proveedor	ENAP REFINERÍAS ACONCAGUA.
Dirección	AV. BORDOÑO 25777. CONCÓN
Fono Emergencia en Chile	ERA: (56) (32) 650323, (56) (32) 650326, (56) (32) 650200, (56) (32) 650321.
e-mail	

#### SECCIÓN 2 COMPOSICIÓN/INGREDIENTES

Nombre químico	NAFTA SOLVENTE.
Fórmula química	NÓ APLICABLE. MEZCLA DE HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO.
Sinónimos	GASOLINA BLANCA, GASOLINA SOLVENTE, SOLVENTE DE PETRÓLEO.
Nº CAS	NÓ REGISTRADO.
Nº NU	1268

#### SECCIÓN 3 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Clasificación de peligro	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	NUMERO NU	Otros Riesgos
	1	3	0	1268	
Marca en etiqueta NCh 2190	LIQUIDO INFLAMABLE CLASE 3.				
a) Peligros para la salud	DAÑO PROPORCIONAL A LA CONCENTRACION Y TIEMPO DE EXPOSICION. IRRITANTE DE OJOS, PIEL Y SISTEMA RESPIRATORIO. DEPRESOR DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.				
Efectos exposición aguda (por una vez)	NÓ HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.				
Inhalación	IRRITACION DE MEMBRANA DE MUCOSAS Y DEL TRACTO RESPIRATORIO DEPRESION SIST. NERVIOSO CENTRAL. POSIBLE EDEMA PULMONAR FATAL POR INHALACIONES BREVES DE ALTAS CONCENTRACIONES. (> 500 ppm).				
Contacto con la piel	SECA Y DESGRASA LA PIEL PRODUCIENDO DERMATITIS. PUEDE SER ABSORBIDA POR LA PIEL INTACTA.				
Contacto con los ojos	IRRITACION CONJUNTIVA.				
Ingestión	INTOXICACION. EN ADULTOS 20 A 50 GRAMOS PUEDEN PRODUCIR SEVEROS SINTOMAS DE ENVENENAMIENTO. ESTUPOR O DEPRESION DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.				
Efectos exposición crónica (largo plazo)	PERDIDA APETITO Y PESO, NAUSEAS, INSOMNIO, SENSIBILIDAD EXTREMIDADES, DEBILIDAD MOTRIZ, DEGENERACION MUSCULAR.				
Condición de salud agravada por exposición al producto	TRASTORNOS RESPIRATORIOS, DEPRESION DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, ENFERMEDAD CRONICA AL HIGADO Y PIEL.				
b) Peligros para el medio ambiente	CONTAMINANTE DE AIRE, AGUA Y SUELOS.				
c) Peligros especiales del producto	LOS VAPORES PUEDEN DESPLAZARSE A FUENTES DE IGNICION Y ENCENDERSE CON RETROCESO DE LA LLAMA. RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSION POR EXPOSICION A CALOR Y LLAMAS.				

#### SECCIÓN 4 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con	
Inhalación	RETIRAR A LUGAR LIBRE DE SOLICITAR ATENCIÓN MÉDICA.
Contacto con la piel	LAVAR DE INMEDIATO CON ABUNDANTE AGUA Y JABÓN AL MENOS POR 15 MINUTOS. DURANTE LAVADO QUITAR ROPA Y CALZADO CONTAMINADO. SOLICITAR ATENCIÓN MÉDICA.
Contacto con los ojos	LAVAR CON ABUNDANTE AGUA, INCLUSO BAJO PÁRPADOS, AL MENOS POR 15 MINUTOS. SOLICITAR ATENCIÓN MÉDICA.
Ingestión	NO INDUCIR EL VÓMITO A PERSONA INCONSCIENTE, PELIGRO DE ASPIRACIÓN (NEUMONITIS QUÍMICA). SOLICITAR ATENCIÓN MÉDICA.
Notas para el médico tratante	INFORMAR SOBRE EL TIPO DE CONTACTO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO. IRRITANTE DE OJOS, PIEL Y DEPRESOR DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

#### SECCIÓN 5 MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA EL FUEGO

Agentes de extinción	POLVO QUÍMICO SECO (POB), ESPUMA, ANHIDRIDO CARBÓNICO (CO <sub>2</sub> ), NEBLINA. NO USAR CHORRO DE AGUA DIRECTO.
Procedimientos especiales	ENFRIAR CONTENEDORES EXPUESTOS AL FUEGO
Equipo de protección personal para el combate del fuego	TRAJE DE BOMBERO Y EQUIPO RESPIRADOR AUTÓNOMO DE PRESIÓN POSITIVA (S.C.B.A.). USAR HERRAMIENTAS ANTICHISPAS.

#### SECCIÓN 6 MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia	AISLAR EL ÁREA, CORTAR FUENTES DE IGNICIÓN, EVITAR EL INGRESO A ESPACIOS CONFINADOS Y VÍAS DE AGUA. TRABAJAR CON EL VIENTO A FAVOR.
Equipo de protección personal	TRAJE DE FAENA Y EQUIPO RESPIRADOR AUTÓNOMO DE PRESIÓN POSITIVA, GUANTES Y BOTAS DE SERVICIO PESADO. USAR HERRAMIENTAS ANTICHISPAS.
Precaución para evitar daño al ambiente	REPRESAR; RECUPERAR; EVITANDO CANALIZACIONES A VÍAS DE AGUA, ALCANTARILLAS, COLECTORES.
Métodos de limpieza	ABSORBER CON ARENA TIERRA O ABSORBENTES BIODEGRADABLES, OCEAN SORB, SEA SWEEP Y ALMACENAR RESIDUOS O DESECHOS EN TAMBORES CERRADOS E IDENTIFICADOS.
Métodos de eliminación de desechos	EFFECTUAR ACORDE CON DISPOSICIONES NORMALIZADAS DEL DPTO. MEDIO AMBIENTE.

#### SECCIÓN 7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Recomendaciones técnicas	ALMACENAR EN ÁREAS FRESCAS Y BIEN VENTILADAS, CONECTAR A TIERRA LOS CONTENEDORES. EVITAR FUENTES DE IGNICIÓN.
Precauciones a tomar	MANTENER LOS RECIPIENTES O ENVASES CONECTADOS A TIERRA. DISPONER DE DUCHAS Y LAVAÓJOS DE SEGURIDAD.
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas	NO MANIPULAR NI ALMACENAR CERCA DE FUENTES DE IGNICIÓN, CALOR. USAR HERRAMIENTAS ANTICHISPAS.
Condiciones de almacenamiento	SEGREGAR DE FUENTES DE CALOR, PRODUCTOS OXIDANTES FUERTES COMO PERÓXIDOS, ÁCIDO NÍTRICO, CLORATOS. ÁCIDO SULFÚRICO.
Embalajes recomendados y no adecuados por el proveedor	RECOMENDADOS: ESTANQUES, TANQUES, TAMBORES, BIDONES

**SECCIÓN 8 CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN ESPECIAL**

<b>Medidas para reducir la posibilidad de exposición</b> <b>VENTILACIÓN GENERAL Y LOCAL A PRUEBA DE EXPLOSIÓN.</b>	
<b>Parámetros de control</b>	
<b>Límites permisibles ponderado (LPP), absoluto (LPA) y temporal (LPT)</b>	LPP: 320 ppm (1310 mg/m <sup>3</sup> ) (D.S. 594). LPT: 500 ppm (2050 mg/m <sup>3</sup> ) (D.S. 594).
<b>Protección respiratoria</b>	SELECCIONAR DE ACUERDO A LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES.
<b>Guantes de protección</b>	NEOPRENO O NITRILÓ.
<b>Protección a la vista</b>	ANTIPARRAS, GAFAS O MASCARA FACIAL O DEPENDIENTE DE LA PROTECCIÓN RESPIRATORIA.
<b>Otros equipos de protección</b>	BOTAS Y DELANTALES DE NEOPRENO U OTRO PRODUCTO APROBADO. DISPONER DE DUCHAS Y LAVAJOS DE SEGURIDAD.
<b>Ventilación</b>	GENERAL Y LOCAL (A PRUEBA DE EXPLOSIÓN).

**SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

<b>Estado físico</b>	LÍQUIDO VOLÁTIL.
<b>Apariencia y olor</b>	COLOR CLARO O DEBILMENTE COLOREADO. OLOR AROMÁTICO.
<b>Concentración</b>	98 %
<b>PH</b>	NO APLICABLE.
<b>T° de descomposición</b>	NO HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.
<b>Punto de inflamación</b>	7° C A -13° C (20° F A 55° F)
<b>Límites de inflamabilidad</b>	NO HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.
<b>Temperatura de autoignición</b>	232° C (450° F)
<b>Peligros de fuego o explosión</b>	VAPORES PUEDEN DESPLAZARSE A FUENTES DE IGNICIÓN Y ENCENDERSE CON RETROCESO DE LLAMA. LAS MEZCLAS VAPOR-AIRE SON EXPLOSIVAS SOBRE EL PUNTO DE INFLAMACIÓN.
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	NO HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.
<b>Densidad de vapor</b>	APROX. 3 a 4 (AIRE =1).
<b>Densidad a 20°C</b>	0.722 A 0.770
<b>Solubilidad en agua y otros solventes</b>	INSOLUBLE EN AGUA. SOLUBLE EN HIDROCARBUROS.

**SECCIÓN 10 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

<b>Estabilidad</b>	ESTABLE EN CONTENEDORES CERRADOS, A T° Y PRESIÓN NORMAL.
<b>Condiciones que deben evitarse</b>	EXPOSICIÓN A FUENTES DE IGNICIÓN O CALOR.
<b>Incompatibilidad</b>	CON PRODUCTOS COMO MATERIALES OXIDANTES, PEROXIDOS, ACIDO NITRICO, PERCLORATOS, CLORO LÍQUIDO Y OXIGENO CONCENTRADO.
<b>Produc. peligrosos de la descomposición</b>	OXIDOS DE CARBONO E HIDROCARBUROS OXIDAD
<b>Productos peligrosos de la combustión</b>	MONOXIDO DE CARBONO SI LA COMBUSTIÓN ES INCOMPLETA, VAPORES TÓXICOS.
<b>Polymerización peligrosa</b>	NO OCURRE, A TEMPERATURA Y PRESIÓN NORMAL.

**SECCIÓN 11 INFORMACION TOXICOLÓGICA**

<b>Toxicidad a corto plazo</b>	RATA (INHAL) LC50: 61 g/m <sup>3</sup> / 4 hora.
<b>Toxicidad a largo plazo</b>	PERDIDA APETITO Y PESO, NAUSEAS, INSOMNIO, SENSIBILIDAD EXTREMIDADES, DEBILIDAD MOTRIZ, DEGENERACION MUSCULAR.
<b>Efectos locales o sistémicos</b>	EFFECTOS TÓXICOS INCLUYEN LOS ORGANOS DE LOS SENTIDOS, SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, IRRITACION CONJUNTIVA, PULMONES TORAX, PIEL Y OJOS. LA INTOXICACION CRONICA POR n-HEXANO (COMPONENTE) PUEDE PRODUCIR ALTERACIONES AL SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO.
<b>Sensibilización alérgica</b>	DERMATITIS DESGRASANTE.

#### SECCIÓN 12 INFORMACION ECOLOGICA

Inestabilidad	INESTABLE.
Persistencia / degradabilidad	DEGRADABLE.
Bio-acumulación	NÓ HAY INFORMACION DISPONIBLE.
Efectos sobre el ambiente	CONTAMINANTE DE VAS DE AGUA, AIRE Y SUELOS. AGUA CORRIENTE LC50 8 ppm/96 horas BLUEGILL.

#### SECCIÓN 13 CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de disposición de la sustancia, residuos, desechos	LAVADO INTENSO DE ROPAS CONTAMINADAS RECUPERABLES. ALMACENAR RESIDUOS EN TAMBORES HASTA DISPOSICIÓN FINAL.
Método para la eliminación de envases/embalajes contaminados	ACORDE CON DISPOSICIONES DE GESTIÓN AMBIENTAL NORMALIZADAS.

#### SECCIÓN 14 INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Terrestre por carretera o ferrocarril	DESTILADOS DE PETRÓLEO N.E.P. O PRODUCTOS DE PETRÓLEO N.E.P. LÍQUIDO INFLAMABLE, CLASE 3. GUÍA GRE Nº128
Via Marítima	DESTILADOS DE PETRÓLEO N.E.P. O PRODUCTOS DE PETRÓLEO N.E.P. LÍQUIDO INFLAMABLE, CLASE 3. IMDG: 3141, 3271, 3375
Via Aérea	NÓ HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.
Via Fluvial/Lacustre	NÓ HAY INFORMACIÓN DISPONIBLE.
Distintivos NCh 2190	LÍQUIDO INFLAMABLE DESTILADOS DE PETRÓLEO N.E.P. CLASE 3.
Número NU	1268



#### SECCIÓN 15 NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables	EPA 1990 (PROCESS GUIDANCE NOTE (PRS / 1) NIOSH- OSHA
Normas nacionales aplicables	D.S. 29695, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. D.S. 59498, MINISTERIO DE SALUD. NCh 21303 OSH. NCh 821 OPI
Marca en etiqueta	LÍQUIDO INFLAMABLE CLASE 3.


#### SECCIÓN 16 OTRAS INFORMACIONES

CONFECCION	REVISION	PREVENCION RIESGOS	FECHA REVISION
GCP	MMC/RFR	 CZH	REV 5 - 08.06.05

NOTA: LOS DATOS CONSIGNADO EN ESTA HOJA FUERON OBTENIDOS DE FUENTES CONFIABLES. LAS OPINIONES EXPRESADAS EN ESTE FORMULARIO SON LAS DE PROFESIONALES CAPACITADOS. LA INFORMACIÓN QUE SE ENTREGA EN ÉL ES LA CONOCIDA ACTUALMENTE SOBRE LA MATERIA. CONSIDERANDO QUE EL USO DE ESTA INFORMACIÓN Y DE LOS PRODUCTOS ESTÁ FUERA DEL CONTROL DEL PROVEEDOR, LA EMPRESA NO ASUME RESPONSABILIDAD ALGUNA POR ESTE CONCEPTO. DETERMINAR LAS CONDICIONES DE USO SEGURO DEL PRODUCTO ES OBLIGACIÓN DEL USUARIO.

## ANEXO E

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL TWEEN 80.

	<b>"Hoja de datos de seguridad"</b>
<small> <b>Propósito:</b> Conocer los riesgos en el manejo y uso del producto, así como qué hacer en caso de una contingencia.  <b>Alcance:</b> Todos los involucrados en caso de una contingencia en el uso y manejo del producto.         </small>	


Producto:	<b>TWEEN 80</b>
Fecha de elaboración: Junio 15, 2002	Fecha de revisión: Mayo, 2014
Responsable: Departamento de Control de Calidad, Seguridad e Higiene.	
De acuerdo a NOM-018-STPS-2000.	

SECCION I      Identificación de la Compañía	
Nombre del fabricante	KARAL, S.A. DE C.V.
Teléfono	(01 477) 7 63 60 60 , 7 70 71 50
Teléfono de emergencia	(01 477) 7 63 60 60
Fax	(01 477) 7 63 60 60
Teléfono SETIQ (ANIQ)	(01 800) 0 02 14 00 (con 4 líneas) (sin costo). (01 555) 5 59 15 88 (con 4 líneas).
Domicilio	Blvd. Aviadores 212, Col. Cd. Industrial; C.P. 37490, León, Gto.

SECCION II      Datos generales de la sustancia química	
Nombre químico	Tween 80
Nombre comercial	Tween 80
Sinónimos	Polioxietilén(80)sorbitán Monolaurate; Polisorbato 80
Familia química	Tensoactivos
Catálogo KARAL	9023
<i>Otros datos:</i>	
Fórmula	No aplica

SECCION III      Identificación de componentes			
PRODUCTO	% COMPOSICIÓN	No. CAS	RIESGOSO
TWEEN 80	99.5 %	9005-65-6	Si
Límites máximos permisibles de exposición:		LMPE-PPT : no reportado IPVS (IDLH) : no reportado	

Clasificación de los grados de riesgo:			
Código de colores		N.F.P.A	
Salud	1 (ligero)	Salud	1 (ligero)
Inflamabilidad	1 (ligero)	Inflamabilidad	1 (ligero)
Reactividad	2 (moderado)	Reactividad	0 (nulo)
Contacto	2 (moderado)	Riesgo específico	ninguno

Elementos de las etiquetas del SGA (Sistema Global Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos), incluidos los consejos de prudencia	
Pictograma	

SECCION IV Propiedades físicas y químicas	
Temperatura de ebullición (°C)	No se encontró información
Temperatura de fusión (°C)	No se encontró información
Temperatura de inflamación (°C) (Flash Point)	No se encontró información
Temperatura de autoignición (°C)	No se encontró información
Densidad relativa (agua = 1)	1.07
Peso molecular	Cercano a 1228
Estado físico	Líquido viscoso
Color	Incoloro amarillo claro
Olor	Inoloro
Densidad de vapor (aire = 1)	No se encontró información
Velocidad de evaporación (Butilacetato = 1)	No se encontró información
Solubilidad en el agua	Infinitamente soluble
Presión de vapor (mm Hg) a 20°C	No se encontró información
% De volatilidad a 21°C	0
pH a 25 °C	5 - 7
Límites de explosividad:	
Inferior:	No se encontró información
Superior :	No se encontró información



## SECCION V Riesgos de fuego o explosión

**FUEGO:** Peligro de incendio leve a moderado cuando se expone al calor o las llamas.

**EXPLOSIÓN:** Por arriba del punto de ignición mezclas con aire son explosivas dentro de límites inflamables indicados anteriormente. Los envases pueden explotar cuando están involucrados en un incendio.

**MEDIO DE EXTINCIÓN:** Producto químico seco, espuma o dióxido de carbono. El agua o espuma puede causar formación de espuma con burbujas. El aerosol de agua puede utilizarse para extinguir fuego que lo rodea y refrescar los contenedores expuestos al fuego. El aerosol de agua también reducirá vapores y gases.

**EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:** Para casos de fuego o concentraciones desconocidas utilizar el equipo de aire autónomo y equipo de bombero.

### PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES ESPECIALES EN EL COMBATE DE INCENDIOS:

Use Equipo de Protección Personal respiratoria para evitar inhalar los vapores de combustión, los cuales no están bien definidos y pueden contener componentes tóxicos. Si el fuego está cercano al contenedor mantenga frías las paredes del mismo rociándolas con agua, a una distancia segura.

**CONDICIONES QUE CONDUCEN A OTRO RIESGO ESPECIAL:** Fuente de ignición cercanas.

### PRODUCTOS DE LA COMBUSTION NOCIVOS PARA LA SALUD:

Vapores de combustión no bien definidos que pueden contener componentes tóxicos.

## SECCION VI Datos de reactividad


Sustancia (estable ó inestable)	Estable bajo condiciones normales de uso y almacenaje. Se oscurece si se expone a la luz.
Incompatibilidad (sustancia a evitar)	Ácidos y oxidantes
Productos peligrosos de la descomposición	Dióxido y monóxido de carbono, óxido de nitrógeno.
Polimerización espontánea	No puede ocurrir.
Condiciones a evitar	Evite contacto con materiales oxidantes de ignición.

## SECCION VII Riesgos para la salud

1a. PARTE	EFFECTOS A LA SALUD
<i>Por exposición aguda:</i>	
A) Ingestión accidental	Puede causar náuseas, dolor de cabeza, diarrea, vómitos.
B) Inhalación	La inhalación del vapor no es por lo general un problema a menos que se caliente o nebulice.
C) Piel (contacto y absorción)	Irritación ligera, enrojecimiento y dolor.



D) Ojos	Iritación.
E) Exposición crónica	Una exposición repetida o prolongada no debería agravar el estado de salud.
<b>Sustancia química considerada como:</b>	
Cancerígena	No
Teratogénica	No
Mutagénica	No
Stps (nom-010-stps)	No
Información complementaria	Se ha estudiado como mutagénico y sus efectos en el sistema reproductor.
Rata oral LD50	No determinado

2a. PARTE	EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS
Contacto con los ojos	Lave los ojos inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos. Ocasionalmente levante los párpados.
Contacto con la piel	Retire toda la ropa contaminada. Lave la piel afectada con abundante agua, por lo menos durante 15 min.
Ingestión	No se provoque el vomito, dé a beber gran cantidad de agua.
Inhalación	Mueva a la víctima al aire fresco, manténgala abrigada y en reposo. Si la respiración es dificultosa ó no respira, dé respiración artificial.
 <b>En todos los casos obtener atención médica inmediata.</b>	

SECCION VIII	Indicaciones en caso de fuga o derrame
Use el equipo de protección personal dentro del área del derrame (Goggles y careta, guantes, botas de hule, ropa impermeable, chamarra y pantalón). Evite el contacto con el producto ó materiales contaminados. Construya diques con material absorbente, detenga el flujo de material hacia alcantarillas, recupere todo el material que sea posible.	

SECCION IX	Protección especial
<b>EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL</b>	
Respiratoria	Use un respirador adecuado en caso de neblinas.
Manos	Guantes de neopreno o PVC.
Ojos	Lentes y/o goggles.
Cuerpo	Camisa de manga larga, zapatos de seguridad ó botas de hule.
Otros	<u>Siempre</u> que haya peligro de cualquier contacto use chamarra y pantalón impermeable, careta y goggles, botas y guantes de hule.

<b>Ventilación</b>	En áreas abiertas utilice equipo de aire autónomo o línea de aire remota. Ubicarse siempre a favor del viento.
--------------------	--

## SECCION X Información sobre transportación

Producto no regulado

## SECCION XI Información ecológica

### COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE:

<b>Movilidad</b>	Miscible en agua, no se adsorbe apreciablemente en el suelo.
<b>Presencia / degradabilidad</b>	Se espera sea biodegradable.
<b>Bioacumulación</b>	No se espera sea bioacumulable.
<b>Ecotoxicidad</b>	No se espera sea tóxico a la vida acuática.

## SECCION XII Precauciones especiales

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:** Almacénese en área color verde/naranja (almacén general) fresco, ventilado y alejado de posibles fuentes de ignición o de calor.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

La información contenida en esta hoja de datos de seguridad es proporcionada sin garantía de ninguna clase. El usuario deberá considerar estos datos como suplemento de información que pueda obtener de otras fuentes y deberá hacer sus propias consideraciones para el manejo de este producto, así como tomar sus propias medidas de seguridad para proteger a sus empleados y clientes.

### Clasificaciones NFPA



### Etiqueta de Advertencia de Peligro

**(CUIDADO! DAÑINO SI INGERIDO. PUEDE CAUSAR IRRITACIÓN A LA PIEL Y A LOS OJOS.**

# ANEXO F

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DELHIPOCLORITO DE CALCIO.



### Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

#### 1. Identificación de la sustancia-preparación y la compañía.

- 1.1 Identificación de la sustancia o preparación: HIPOCLORITO DE CALCIO
- 1.2 Uso del sustancia/preparación: Desinfectante para tratamiento de agua.
- 1.3 Identificación de la Empresa: QUIMIPRODUCTOS, S.A. DE C.V.  
Dirección: Vía a Matamoros 540, Col. Garza Cantú. San Nicolás de los Garza, Nuevo León.  
c.p. 66480 México. Teléfono: 52 81 8305-6500
- 1.4 Teléfono de Emergencias: 01-800-00-214-00 Las 24 horas del día.

#### 2. Identificación de los Peligros.

Clasificación:



C Corrosivo  
N Peligroso para el medio ambiente

- Información referente a peligros particulares para la salud humana y el medio ambiente:  
R22 Dañino si se ingiere  
R34 Causa quemaduras  
R50 Muy tóxico para organismos acuáticos
- Sistema de Clasificación:  
La clasificación es de acuerdo a las más recientes ediciones de las listas EU y ampliadas por la Empresa e información de Literatura.

#### 3. Composición e Información de los Ingredientes:

- 3.1 Descripción:

Componentes Peligrosos:			
CAS: 7778-54-3	Hipoclorito de Calcio	C, N; R22-34-50	C ≥ 25 %
EINECS: 231-908-7	Tabletas		
Información adicional: Para explicación de las frases de riesgos consulte la sección 16.			

#### 4. Primeros auxilios:

- Información General: Quitar inmediatamente cualquier prenda manchada por el producto. Lavarse con agua limpia a chorro, de preferencia baño completo.
- Después de inhalación: Mueva a la persona donde respire aire fresco. Mantenga a la persona cálida y en reposo. Si la persona no respira, si su respiración es irregular o si deja de respirar, administre respiración artificial u oxígeno por personal entrenado. Obtenga atención médica inmediatamente.
- Después del contacto con la piel: Inmediatamente lave la piel con agua abundante por al menos 15 minutos, mientras se le quita la ropa y los zapatos contaminados. Obtenga atención médica inmediata.



## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

- **Después de contacto con los ojos:** Checar y quitar los lentes de contacto. Inmediatamente lavar los ojos con chorro de agua limpia por lo menos durante 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Continuar enjuagando hasta que se obtenga atención médica.
- **Después de ingestión:** Buscar atención médica inmediata y mostrarle el envase y etiqueta. Mantenga a la persona cálida y en reposo. No induzca al vómito, de grandes cantidades de agua. Mantenga a la persona recostada hacia un lado por Si el vomito ocurre espontáneamente.
- **Notas para el Médico:** Sin tratamiento específico, contacte al especialista en envenenamiento inmediatamente que se hayan ingerido o inhalado grandes cantidades del producto.

### 5. Medidas contra incendios:

- **Medios de extinción adecuados:** Lavar solamente con abundante agua.
- **Medios de extinción que no se deben usar por razones de seguridad:** No usar polvo químico o espuma. El producto libera oxígeno, por lo que no es efectivo tratar de apagar el fuego con manta húmeda, dióxido de carbono, polvo químico u otros medios. El producto tiene el potencial de producir una reacción violenta si se utilizan extintores de polvo químico seco.  
**Peligros de exposición especiales:** Aislar rápidamente la zona evacuando a todas las personas de las proximidades del incidente si hay un incendio. No debe realizarse acción alguna que suponga un riesgo personal o sin un entrenamiento adecuado. Se emiten humos tóxicos en caso de incendio. Se puede generar gas Cloro. Este material es muy tóxico para los organismos acuáticos. Debe prevenirse que el agua contraincendios contaminada sea descargada a fuentes de agua, alcantarillas o drenajes.
- **Equipo de Protección:** El personal contra incendios debe portar equipo de protección adecuado y aparato de respiración autónomo con careta completa operada en modo de presión positiva.

### 6. Medidas en caso de derrames accidentales:

- **Precauciones Personales:** No se debe tomar acción que involucre riesgo para el personal no entrenado. Evacuar las áreas circundantes. Mantener al personal innecesario y desprotegido fuera del área. No toque o camine sobre el material derramado. Apague todas las fuentes de ignición. Suministrar ventilación adecuada. Utilizar respirador apropiado cuando sea inadecuada la ventilación. Póngase el equipo de protección personal adecuado, tal como se especifica en la sección 8.
- **Precauciones para la protección del medio ambiente:** Evite la dispersión del material derramado y que escurra al suelo, drenaje y alcantarillas. Informar a las autoridades si el producto ha causado contaminación ambiental (Alcantarillas, vertientes de agua, suelo o aire). La contaminación del agua por el producto, puede ser peligroso para el ambiente si se libera en grandes cantidades.
- **Métodos de limpieza/recolección:**  
Derrames grandes: Extreme precauciones en el manejo del material derramado. Use herramientas a prueba de chispas y explosión. No mezcle este producto con otros químicos, incluyendo cualquier otro químico como desinfectantes. La contaminación con humedad, ácidos, materia orgánica, otros químicos (Incluyendo, pero no limitado a químicos para limpieza), petróleo o productos para pintar u otros materiales fácilmente combustibles pueden iniciar una reacción química con generación de calor, liberación de gases peligrosos y posible reacción violenta que conduzcan a fuego o explosión. Si ocurre fuego o descomposición en el área de derrame, inmediatamente apagar con abundante agua. De lo contrario, barrer todo el material visible usando una escoba limpia y seca (Nueva, si es posible) e inmediatamente disolver el material en un envase

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

lleno de agua. El material que haya sido barrido y disuelto en agua debe ser usado inmediatamente en la aplicación normal. Impedir la entrada en alcantarillas, canales de agua, sótanos o áreas confinadas. Disponga por medio de un contratista autorizado para su eliminación.

**Derrames pequeños:** Extreme precauciones en el manejo del material derramado. Use herramientas a prueba de chispas y explosión. No mezcle este producto con otros químicos, incluyendo cualquier otro químico como desinfectantes. La contaminación con humedad, ácidos, materia orgánica, otros químicos (Incluyendo, pero no limitado a químicos para limpieza), petróleo o productos para pintar u otros materiales fácilmente combustibles pueden iniciar una reacción química con generación de calor, liberación de gases peligrosos y posible reacción violenta que conduzcan a fuego o explosión. Si ocurre fuego o descomposición en el área de derrame, inmediatamente apagar con abundante agua. De lo contrario, barrer todo el material visible usando una escoba limpia y seca (Nueva, si es posible) e inmediatamente disolver el material en un envase lleno de agua. El material que haya sido barrido y disuelto en agua debe ser usado inmediatamente en la aplicación normal. Impedir la entrada en alcantarillas, canales de agua, sótanos o áreas confinadas. Disponga por medio de un contratista autorizado para su eliminación.

#### 7. Manipulación y Almacenamiento:

- **7.1 Manipulación:** Extreme precauciones en el manejo de los derrames de este material. Utilizar el equipo de protección personal adecuado. (Ver sección 8). Prohibido comer, beber y fumar en áreas manejo, almacenaje y procesamiento de este producto. No ingerir. Evitar el contacto con los ojos, piel o ropa. Usar el producto sólo con ventilación adecuada. Utilizar un respirador apropiado cuando la ventilación no se la adecuada. Mantener en el envase original con la tapa muy bien cerrada. Mantenerlo lejos de calor, chispas, flamas, luz directa del sol, y otras fuentes de calor, incluyendo los de tabaco. Mantenga alejado el producto de materiales combustibles. Agregar el producto solamente al agua. Nunca agregue agua al producto. Siempre agregue el producto en grandes cantidades de agua. No mezcle este producto con otros químicos, incluyendo productos para albercas utilizados como desinfectantes. Se puede generar fuego si se contamina el producto con ácidos, materiales orgánicos otros materiales fácilmente combustibles tales como petróleo, keroseno, gasolina, productos para pintura, madera y papel. Usar solamente una cuchara (Nueva, si es posible) de metal o plástico cada vez que el producto se tome del envase. No mezcle el producto en envases que contengan remanentes de otros productos ya que se puede provocar una reacción violenta que genere fuego o explosión. Los envases vacíos contienen residuos y pueden ser peligrosos. No se deben de reusar los envases. El material residual que se queda en los envases vacíos puede reaccionar causando fuego. Enjuagar muy bien los contenedores con agua luego destrúyalos y póngalos en un colector de basura.
- **7.2 Almacenamiento:** Almacenar de acuerdo a las regulaciones locales. Almacenar en el envase original protegido de la luz directa del sol en un área bien ventilada, seca y fresco, lejos de materiales incompatibles (Ver sección 10) y alimentos y bebidas. Mantener el envase cerrado. Los contenedores que se vayan a abrir debe de hacerse con cuidado y mantenerse en posición vertical para prevenir derrames. Si el producto se llega a contaminar o se descompone no volver a cerrar el envase. Si es posible aislar el envase en un área bien ventilada o abierta al aire. No almacenar en envases sin etiqueta. Use medios de contención apropiados para evitar contaminación ambiental. No contaminar el agua o alimentos al almacenar o eliminar este producto.
- **Uso(s) específico(s):**





## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

### 8. Controles de la Exposición/Protección Personal:

#### 8.1 Valores límites de exposición:

7778-54-3	Ca(ClO) <sub>2</sub>
No publicada en EH40 Aunque no hay límite de exposición ocupacional, para el Hipoclorito de Calcio la mayoría de los países adoptaron el del Cloro. Japón y la mayoría de los países Europeos tienen un límite de exposición prolongado (8 horas TWA) para el Cloro de 0.5 ppm, otros tienen un límite de 1 ppm.	

#### 8.2 Controles de exposición.

##### 8.2.1. Controles de la exposición ocupacional:

###### - Medidas de higiene y protección generales:

Lavar muy bien las manos, antebrazos y cara después de manipular los productos, antes de comer y al finalizar la jornada de trabajo. Se deben de usar técnicas apropiadas para eliminar la ropa contaminada. Lavar la ropa contaminada antes de usarla. Asegúrese de que los lavabos para ojos y regaderas de seguridad estén cerca.

###### - Protección respiratoria:

Si los trabajadores están expuestos a concentraciones por encima del límite de exposición, deben de usar equipos de respiración certificados apropiados. Usar un equipo de respiración purificador o alimentador de aire que ajuste adecuadamente y que cumpla con un estándar apropiado si un estudio de riesgo indica que es necesario. La selección del equipo de respiración debe basarse en los niveles de exposición conocidos, los peligros del producto y los límites de trabajo seguro del equipo de respiración seleccionado.

- Protección para las manos: Siempre deben de usarse guantes impermeables, resistentes a químicos que cumplan con un estándar, cuando se manejen productos químicos si un estudio de riesgo indica que es necesario.

- Material de los guantes: Nitrilo, Neopreno, Hule de Butilo.

##### 8.2.2. Controles de la exposición del medio ambiente:

Las emisiones del equipo de proceso o ventilación deben de ser chequeadas para asegurarse que cumplen con los requerimientos legales de protección ambiental. En algunos casos, se requerirá realizar modificaciones a los eliminadores de humo, filtros o equipo de proceso para reducir las emisiones a niveles aceptables.

### 9. Propiedades físicoquímicas:

#### 9.1 Información General.

Apariencia: Tabletas

Olor: Cloro

#### 9.2. Información importante en relación con la salud, seguridad y el medio ambiente:

pH: 11 en solución al 1%.

Punto de Ebullición/Rango de ebullición: Se descompone @ 170-180°C (338-356°F)

Punto de Flama: Copa cerrada, No aplica.

Inflamabilidad (sólido, gas): No aplica.

Propiedades Explosivas: No aplica.

Propiedades Oxidantes: No determinada.

Presión de Vapor: No disponible.

Densidad Relativa: No disponible.



QUIMIPRODUCTOS

## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

Solubilidad: 100 %  
Solubilidad en agua: 217 g/l (27 °C)  
Coeficiente de Partición: n-octanol/water: No determinada.  
Viscosidad: No aplica.  
Densidad de Vapor: No disponible.  
Velocidad de evaporación: No disponible.

- 9.3. Otra información: 65 % de Cloro Mínimo.

### 10. Estabilidad y Reactividad:

- Estabilidad: Estable bajo las condiciones recomendadas de manejo y almacenaje (Ver sección 7) El producto se descompone aproximadamente a 170-180 °C (338-356°F) liberando oxígeno y cloro gas.
- Condiciones que deben evitarse: El calentamiento puede causar fuego o explosión. Excesivo calor causa descomposición resultando en la liberación de Oxígeno y Gas Cloro.
- Materiales que deben evitarse: Altamente reactivo o incompatible con los siguientes materiales: humedad, materiales combustibles, materiales orgánicos, metales, ácidos, álcalis, materiales oxidantes, materiales reductores, Amoníaco, productos de petróleo, productos de pintura, madera y papel, químicos para cisternas.
- Productos peligrosos de descomposición: La contaminación con Amoníaco o ácidos liberan gases tóxicos. Liberación lenta de gas Cloro.

### 11. Información Toxicológica:

- Toxicidad Aguda: No se espera que el Hipoclorito de Calcio esté presente sistemáticamente en el organismo bajo condiciones normales de uso y manipulación y por lo tanto no se espera que ocurran efectos sistémicos graves del Hipoclorito de Calcio después de exposición por inhalación o contacto dérmico
- DL/LC<sub>50</sub> valores relevantes para clasificación: Rata Oral DL<sub>50</sub>: 850 mg/kg; Conejo Dérmica DL<sub>50</sub>: >1000 mg/kg
- Efecto irritante primario:
  - Inhalación:  
Irritación severa del aparato respiratorio.
  - Ingestión:  
Dañino o fatal si se ingiere. Puede causar quemaduras de la boca, garganta y estómago.
  - Contacto con la piel:  
Corrosivo para la piel. Causa quemaduras. Dañino al contacto con la piel.
  - Contacto con los ojos: Corrosivo, causa quemaduras.
  - Exposición crónica:  
La irritación continua puede conducir a incrementar la susceptibilidad a enfermedades respiratorias.
  - Agravamiento de condiciones pre-existentes:  
Las personas con desórdenes de la piel, problemas oculares o problemas respiratorios pre-existentes pueden ser más susceptible a los efectos de la sustancia.
- Sensibilización: No existen datos experimentales. Para sales de Ca o Na, no hay estudios disponibles de sensibilización ni reportes confiables que muestren un potencial de sensibilización en humanos.



## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

- Información toxicológica adicional: Clasificación IARC 3. Existen datos de estudios in vitro que sugieren que las soluciones de Cloro/Hipoclorito tienen algún potencial mutagénico, pero se puede concluir que no hay efectos mutagénicos in vivo.

### 12. Información Ecológica:

- Ecotoxicidad: Muy tóxico para organismos acuáticos  $CL_{50}$ : 0.088 mg/l (96 HR Bluegill Sunfish).
- Movilidad: Soluble.
- Persistencia y degradabilidad: La solución de Hipoclorito de Calcio es muy sensible a la luz. La luz directa del sol puede causar descomposición en cloro y oxígeno. La vida media del Hipoclorito está estimada en dos horas debido a la reducción y fotólisis. Su alta solubilidad en agua y rápida reacción con el material orgánico conduce a la rápida desaparición de la mitad del Hipoclorito. La biodegradación de esta sustancia no puede ser medida, un producto de la reacción del Hipoclorito de Calcio con material orgánico es Cloruro de Calcio.
- Potencial Bioacumulativo: El potencial bioacumulativo de esta sustancia puede ser descartado, debido a su solubilidad en agua y su alta reactividad.
- Resultados de ensayos PBT: No es probable la formación de sustancias aromáticas altamente clorinadas que puedan ser PBTs a través de clorinación sucesiva.
- Otros efectos adversos: No determinados.

### 13. Consideraciones de Eliminación de Residuos:

- Producto: Hipoclorito de Calcio
- Recomendación:

La generación de residuos debe ser evitada o minimizada hasta donde sea posible. Este material y su envase debe ser eliminado de manera segura. El material que ha sido barrido y disuelto en agua debe ser usado inmediatamente en la aplicación normal para que sea consumido. Si no es posible, debe de ser neutralizado. Nota: Sólo material debidamente neutralizado debe de ser enviado a la alcantarilla. El material que no se neutraliza puede causar daño al ambiente al recibir el agua o puede interferir con la operación de la planta de tratamiento. Se debe de tener cuidado al usar o eliminar materiales químicos y/o sus contenedores para prevenir la contaminación ambiental. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. El material residual remanente en el envase vacío puede reaccionar hasta producir fuego. Lavar completamente los envases vacíos con agua y luego desecharlos en la basura. La eliminación de soluciones de este producto y de cualquier sub-producto debe siempre cumplir con los requisitos legales de eliminación de residuos y protección ambiental y cualquier requisito de la autoridad local. Evite la dispersión del material derramado y que escurra y tenga contacto con el suelo, mantos acuíferos, drenajes y alcantarillas.

Catálogo Europeo de Residuos 19 08 99 Residuos no especificados de otra manera.

### 14. Información sobre transporte:

- Regulación EEC: Hipoclorito de Calcio, Hidratado, UN 2880, Clase 5.1 (Oxidante), PG II.
- IMDG/UN: Hipoclorito de Calcio, Hidratado, UN 2880, Clase 5.1 (Oxidante), PG II.
- RID/ADR: Hipoclorito de Calcio, Hidratado, UN 2880, Clase 5.1 (Oxidante), PG II.
- ICAO/IATA: Hipoclorito de Calcio, Hidratado, UN 2880, Clase 5.1 (Oxidante), PG II.





QUIMIPRODUCTOS

## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

### 15. Información Reglamentaria:

- Código y designación de peligro del producto:



C Corrosivo

N Peligroso para el medio ambiente

- Determinación de los componentes de la etiqueta:  
Hipoclorito de Calcio
- Frases de riesgo:  
R22 Dañino si se ingiere  
R34 Causa quemaduras  
R50 Muy tóxico para organismos acuáticos
- Frases de seguridad:  
(S1/2) Mantenga bajo llave y fuera del alcance de los niños.  
S26 En caso de contacto con ojos, enjuague inmediatamente con abundante agua y busque atención médica.  
S36/37/39 Use ropa protectora adecuada, guantes y protección para los ojos / la cara.  
S45 En caso de accidente o malestar, buscar atención médica inmediata. (Muestre la etiqueta de ser posible).  
S61 Evite su liberación al ambiente. Tomar en cuenta las instrucciones especiales de la hoja de datos de seguridad.

### 16. Otra Información.

Esta información está basada en nuestro conocimiento actual. Sin embargo no constituye una garantía de las características de algún producto específico y no establece una relación contractual legalmente válida.

- R22 Dañino si se ingiere
- R31 El contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R34 Causa quemaduras.
- R50 Muy tóxico para organismos acuáticos.
- Departamento que emite la MSDS: QUIMIPRODUCTOS, S.A. DE C.V. Gerencia Técnica.
- NFPA 704 – Clasificación e Identificación de Riesgos (ESCALA 0 - 4):
- Salud: 3    Flamabilidad: 0    Reactividad: 1    Especial: OXI
- Etiqueta Adicional: OXIDANTE



QUIMIPRODUCTOS

## Hoja de Datos de Seguridad

De acuerdo a la Directiva 1907/2006/EC, Artículo 31.

Fecha de Emisión: 18/08/11

Revisión: 18/08/11

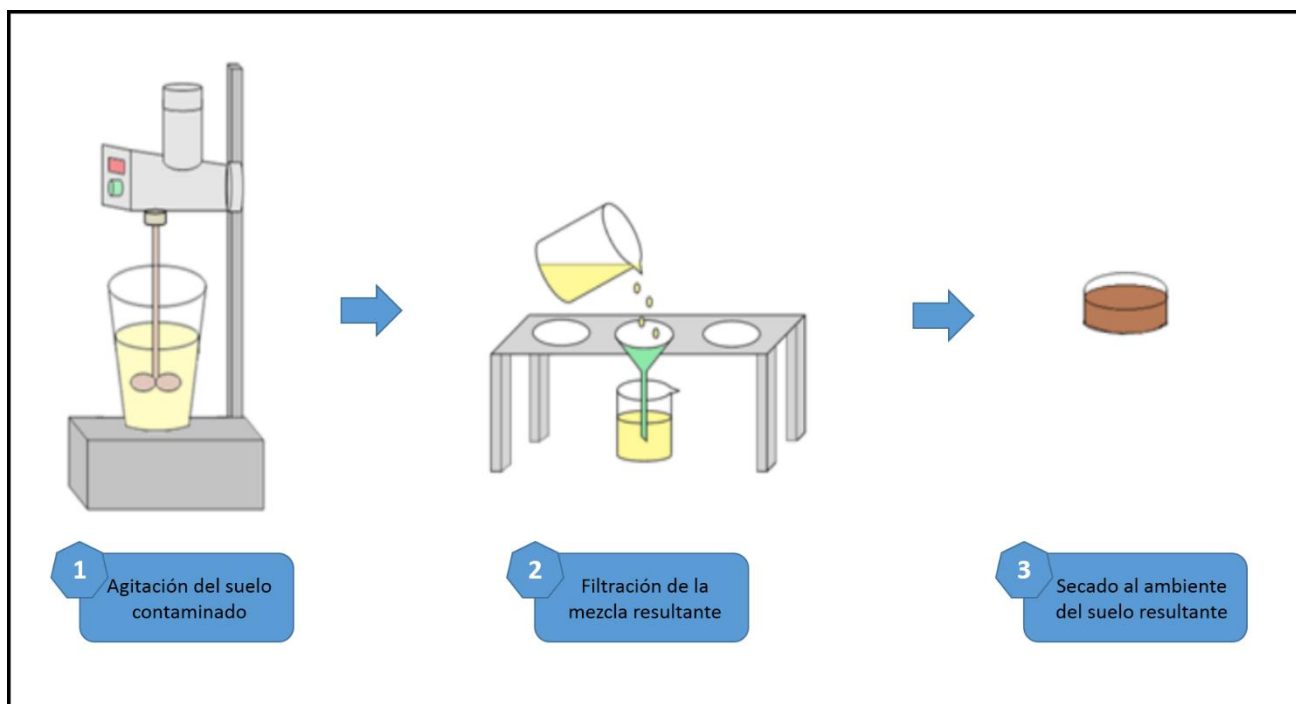


### Referencias:

- Directiva 67/548/CEE
- Directiva 99/45/CE
- Directiva 98/24/CE
- Calcium Hypochlorite Summary Risk Assessment Report – Institute for Health and Consumer Protection Toxicology and Chemical Substance (TCS) European Chemical Bureau.
- European Waste Catalogue and Hazardous Waste List
- EH40/2005 Workplace exposure limits

## ANEXO G

### PROCESO DEL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE SUELO.



# ANEXO H

## RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE SUELO.

Muestra de suelo arenoso contaminada con TPH.

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b> <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b> Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: S 169-17  
ST: 060-017 ANÁLISIS DE SUELOS  
Nombre Peticionario: N.A.  
Atn. Milton Obiedo  
Dirección: Lago Agrio - Shushufindi

FECHA: 26 de Junio del 2017  
NUMERO DE MUESTRAS: 1  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2017/06/19 - 11:40  
FECHA DE MUESTREO: 2017/04/04  
FECHA DE ANÁLISIS: 2017/06/19 - 2017/06/26  
TIPO DE MUESTRA: Arena  
CÓDIGO CESTTA: LAB-S 169-17  
CÓDIGO DE LA EMPRESA: MC (ARENA)  
PUNTO DE MUESTREO: ARCOIL S.A.  
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico  
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Milton Obiedo  
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	6185,83	± 14%	-

### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

### RESPONSABLE DEL INFORME:

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



## Muestra de suelo arcilloso contaminada con TPH.

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b> DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: S 168-17  
ST: 060-017 ANÁLISIS DE SUELOS  
Nombre Peticionario: N.A.  
Atn. Milton Obiedo  
Dirección: Lago Agrio - Shushufindi

FECHA: 26 de Junio del 2017  
NUMERO DE MUESTRAS: 1  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2017/06/19 - 11:40  
FECHA DE MUESTREO: 2017/04/04  
FECHA DE ANÁLISIS: 2017/06/19 - 2017/06/26  
TIPO DE MUESTRA: Arcilla  
CÓDIGO CESTTA: LAB-S 168-17  
CÓDIGO DE LA EMPRESA: MC (ARCILLA)  
PUNTO DE MUESTREO: ARCOIL S.A.  
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico  
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Milton Obiedo  
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C


### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	38584,58	± 11%	-

### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

### RESPONSABLE DEL INFORME:

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



## Muestra de suelo arenoso remediada por método de lavado.

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b> <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b> Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

**INFORME DE ENSAYO No:** S 172-17  
**ST:** 060- 017 ANÁLISIS DE SUELOS  
**Nombre Peticionario:** N.A.  
**Atn.** Milton Obiedo  
**Dirección:** Lago Agrio - Shushufindi

**FECHA:** 26 de Junio del 2017  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2017/06/19 - 11:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2017/05/20  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2017/06/19 - 2017/06/26  
**TIPO DE MUESTRA:** Arena  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-S 172-17  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** MRL (ARENA)  
**PUNTO DE MUESTREO:** LAGO AGRIO  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Milton Obiedo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	2633,09	± 16%	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO


  
CENTRO DE SERVICIOS  
TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA  
TECNOLÓGICA AMBIENTAL

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.  
MC01-14

Página 1 de 1  
Edición 0



## Muestra de suelo arcilloso remediada por método de lavado.

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b> <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b> Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	S 171-17
<b>ST:</b>	060-017 ANÁLISIS DE SUELOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A.
<b>Atn.</b>	Milton Obiedo
<b>Dirección:</b>	Lago Agrio - Shushufindi
<b>FECHA:</b>	26 de Junio del 2017
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2017/06/19 - 11:40
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2017/05/21
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2017/06/19 - 2017/06/26
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Arcilla
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-S 171-17
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	MRL (ARCILLA)
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	LAGO AGRIO
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico - Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Milton Obiedo
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	17580,18	± 13%	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TECNICO**



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1  
Edición 0

## Muestra de suelo arenoso remediada por método de extracción con disolventes.

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	--	--

<p><b>INFORME DE ENSAYO No:</b> S 173-17</p> <p><b>ST:</b> 060- 017 ANÁLISIS DE SUELOS</p> <p><b>Nombre Peticionario:</b> N.A.</p> <p><b>Atn.</b> Milton Obiedo</p> <p><b>Dirección:</b> Lago Agrio - Shushufindi</p> <p><b>FECHA:</b> 26 de Junio del 2017</p> <p><b>NUMERO DE MUESTRAS:</b> 1</p> <p><b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b> 2017/06/19 - 11:40</p> <p><b>FECHA DE MUESTREO:</b> 2017/05/20</p> <p><b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 2017/06/19 - 2017/06/26</p> <p><b>TIPO DE MUESTRA:</b> Arena</p> <p><b>CÓDIGO CESTTA:</b> LAB-S 173-17</p> <p><b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b> MRE (ARENA)</p> <p><b>PUNTO DE MUESTREO:</b> LAGO AGRIO</p> <p><b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> Físico - Químico</p> <p><b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b> Milton Obiedo</p> <p><b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b> T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C</p>	
---	--

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	655,26	± 19%	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**



**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**





Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
**MC01-14**

Página 1 de 1  
Edición 0



## Muestra de suelo arcilloso remedia

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b> <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b> Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 <b>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</b> Acreditación N° OAE LE 2C 05-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** S 170-17  
**ST:** 060- 017 ANÁLISIS DE SUELOS  
**Nombre Peticionario:** N.A.  
**Atn.** Milton Obiedo  
**Dirección:** Lago Agrio - Shushufindi

**FECHA:** 26 de Junio del 2017  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2017/06/19 - 11:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2017/05/21  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2017/06/19 - 2017/06/26  
**TIPO DE MUESTRA:** Arcilla  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-S 170-17  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** MRE (ARCILLA)  
**PUNTO DE MUESTREO:** LAGO AGRIO  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Milton Obiedo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

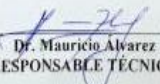
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**


PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	6736,86	± 14%	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

 **CENTRO DE SERVICIOS  
TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA  
TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.  
MC01-14

Página 1 de 1  
Edición 0

## Muestra de suelo arcilloso remediada por método de oxidación química.

**INFORME DE ENSAYO No:** S-314-17  
**ST:** 108- 17 ANÁLISIS DE SUELOS

**Nombre Peticionario:** N.A.  
**Atn.** Milton Obiedo  
**Dirección:** Lago Agrio - Shushufindi  
Shushufindi-Sucumbios

**FECHA:** 23 de Noviembre del 2017  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2017/11/17 12:45  
**FECHA DE MUESTREO:** 2017/11/13  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2017/11/17 - 2017/11/23  
**TIPO DE MUESTRA:** Suelo  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-S 313-17  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** MROQ  
**PUNTO DE MUESTREO:** Lago Agrio - Shushufindi  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Hidrocarburos Totales  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Milton Obiedo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRCC 1005	mg/Kg	762,76	± 18%	-

### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

### RESPONSABLES DEL INFORME:

## ANEXO I

### VISTA PLANTA DE LA PROPUESTA DE PRE - TRATAMIENTO.

